

**RANCANGAN BANGUN LAMPU BOHLAM MENGGUNAKAN *HIGH*
POWER LED (HPL)**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI ENERGI ELEKTRIK

Ditinjau untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



AULIA ADI CHANDRA

NIM. 155060301111060

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia tidak bisa melihat, merasa, mencium atau menyadari keberadaan listrik dengan inderanya, baik untuk muatan atau untuk medan listriknya. Pada akhir abad ke 18, hal – hal mengenai listrik mulai diteliti. Dalam teknik kelistrikan, terdapat dua sifat listrik, yaitu: listrik statis dan arus listrik. Listrik statis merupakan tidak ada gerakan dari muatan bebas, sementara arus listrik adalah gerakan dari muatan bebas yang dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu arus searah (DC) dan arus bolak balik (AC) (Utomo, 2011). Sekarang listrik menjadi sesuatu yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari sebagai sumber tenaga, misalnya untuk lampu, mesin listrik, telepon dan komputer. Pada awal abad ini, pemakaian listrik dalam berbagai bidang mulai berkembang pesat.

Dengan meningkatnya populasi manusia, maka kebutuhan listrik semakin lama semakin meningkat. Kebutuhan yang meningkat ini mengakibatkan meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui dan ini menyebabkannya bertambah mahal biaya dalam penyediaan listrik. Perlunya alternatif – alternatif baru yang dapat membantu penyediaan listrik yang menggunakan sumber energi yang dapat diperbaharui dan lebih murah sangat diperlukan untuk dapat menjangkau daerah – daerah terpencil.

Rumah DC merupakan salah satu alternatif yang sedang dikembangkan para ilmuwan (Utomo, 2011). Rumah DC merupakan satu sistem pengaliran listrik ke rumah – rumah dengan metode DC. Selama ini, pengaliran listrik dilakukan dengan AC (*Alternating Current*) untuk mengalirkan listrik tegangan tinggi dari PLTA, PLTU, atau pembangkit sejenis. Namun, ketika listrik hendak masuk ke beban, AC diubah menjadi DC oleh adaptor. Konversi ini tidak efisien sehingga banyak energi terbuang (Utomo, 2011).

Dengan Rumah DC, konversi AC ke DC tidak diperlukan karena listrik dari Rumah DC bisa langsung digunakan. Dengan demikian, Rumah DC menawarkan efisiensi dalam pengaliran listrik. Efisiensi pengaliran listrik bisa ditingkatkan hingga sebesar 5-10%.

Salah satu keuntungan utama Rumah DC lain adalah fleksibilitas (Utomo, 2011). Rumah DC dapat menyediakan energi DC sendiri melalui berbagai bentuk pengkonversian energi yang dapat diperbaharui seperti panel surya, tenaga air, angin dan tenaga manusia (Liang, 2012). Menurut Penemu Rumah DC, yang dikutip dalam artikel Kompas.com, Rumah DC dapat mengurangi beban PLN untuk menyediakan listrik ke daerah terpencil dan akan langsung menggunakan sumber energi terbarukan yang banyak didapatkan di Indonesia terutama daerah terpencil.

Salah satu aplikasi yang penting dan harus ada dalam sebuah rumah adalah lampu. Saat ini, lampu yang paling banyak digunakan adalah lampu pijar. Lampu ini memiliki keterbatasan dalam hal penyebaran cahaya dan hanya bertahan 1000 jam atau untuk rata-rata pemakaian 10 jam, kemungkinan hanya bertahan 3 – 4 Bulan. Jika lampu tersebut mati, maka langsung dibuang sehingga menimbulkan limbah tabung kaca yang dihasilkan maupun filament dan bahan kimia lainnya. Hal ini tentu membahayakan karena limbah ini sulit didaur ulang. Lampu LED (*Light Emission Diode*) merupakan bentuk lampu yang lebih hemat energi karena mengubah lebih dari 80 % energinya menjadi cahaya sementara lampu pijar mengubah 90% energinya menjadi panas.

Lampu LED dikenal hanya sebagai indikator perangkat, namun jika dirangkai akan menghasilkan cahaya yang dapat digunakan sebagai pengganti lampu pijar. Dalam lampu LED terdapat beberapa LED yang dirangkai seri-paralel. Jika salah satu LED putus, maka lampu masih dapat digunakan. Jika dibandingkan dengan lampu pijar, jika filament terputus maka lampu tidak dapat dipergunakan lagi. Selain minim limbah, cahaya yang dihasilkan memiliki tingkat keterangan yang jauh lebih baik dibandingkan lampu pijar. Selain itu lampu LED memiliki usia yang lebih lama dari lampu pijar, sehingga mengurangi biaya pembelian lampu.

Dalam tesis milik Kent Liang (Liang, 2012), menghasilkan lampu bohlam yang efisiensinya 85,63% dengan *range* tegangan antara 24V – 72V dan mengonsumsi daya sebesar 13,44 watt. IC *Driver* yang digunakan adalah LT356-2, kemudian untuk membangkitkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) menggunakan IC LTC6992-1 dengan cara mengubah – ubah besar nilai R21_ADJ agar dapat menghasilkan nilai PWM yang bervariasi dan untuk reglatornya menggunakan 2 buah IC LT3014. Lampu bohlam LED tersebut menghasilkan tingkat penerangan yang cukup untuk di rumah. Untuk memahami sistem kerja lampu LED DC maka penulis mencoba untuk mengaplikasikan ulang penelitian Kent Liang dengan rangkaian *Driver* LT3590 dan juga menggunakan Modul *Board Arduino Nano* sebagai rangkaian pembangkit PWM. PWM tersebut digunakan

untuk membuat *Dimmer* lampu yang bertujuan mengatur kecerahan lampu secara otomatis. Pada penelitian sebelumnya dengan judul “Rancang Bangun Lampu Bohlam DC Menggunakan LED Untuk Sistem Rumah DC” oleh Yosi Dwi Handari, S.T. membahas tentang efisiensi daya lampu dengan cara mengubah tegangan inputnya, sedangkan pada penelitian ini akan lebih mengefisienkan lagi daya lampu dengan cara memanfaatkan cahaya yang memasuki ruangan. Berdasarkan penjelasan latar belakang tersebut maka penulis memutuskan untuk memilih judul “**Rancangan Bangun Lampu Bohlam Menggunakan High Power LED (HPL)**” yang diharapkan akan membantu menjelaskan langkah perancangan Lampu LED DC sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian Lampu LED DC berikutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh PWM terhadap efisiensi daya lampu bohlam yang telah didesain tersebut.
2. Berapa nilai PWM yang dapat menghasilkan efisiensi daya lebih dari sama dengan 80 %.

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan penelitian ini dibatasi hal – hal sebagai berikut:

1. Desain lampu bohlam DC menggunakan *High Power LED (Light Emitting Dioda)*.
2. Pada penelitian ini membahas tentang desain lampu bohlam LED DC namun tidak membahas desain mekanik lampu bohlam tersebut.
3. *Software* yang digunakan adalah *Proteus*, *EAGLE 8.5.1.*, *LTSpice* dan *Arduino IDE*
4. Lampu bohlam DC ini beroperasi dengan tegangan bus utama $V_{IN} = 48 \text{ VDC}$
5. Daya LED HPL sebesar 3 watt.
6. Efisiensi yang dihasilkan dari lampu bohlam lebih dari sama dengan 80 %.
7. Percobaan dilakukan di laboratorium Mesin Elektrik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh PWM terhadap efisiensi lampu bohlam DC, serta dapat menentukan PWM yang tepat untuk menghasilkan efisiensi yang terbaik.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk membantu mengurangi energi listrik (PLN) yang dibangkitkan, karena setiap penghematan energi listrik yang dilakukan akan sangat berdampak pada sisi pembangkitan dan berdampak juga pada polusi yang dihasilkan. Alangkah baiknya jika untuk sumber menggunakan energi yang dapat diperbarui dan dapat digunakan untuk daerah – daerah yang tidak terjangkau aliran listrik PLN.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terdiri dari lima bab, yaitu:

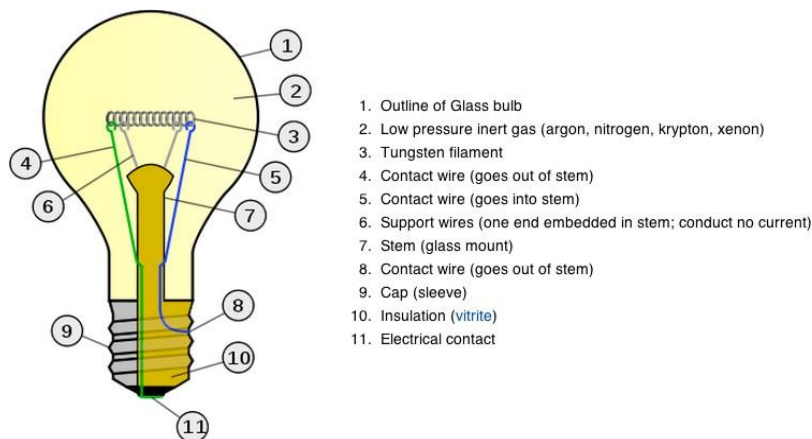
- BAB I : Berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika pembahasan.
- BAB II : Berisi dasar teori tentang lampu bohlam, LED (*Light Emitting Dioda*), Sistem Rumah DC, *Switched – Mode Supply*, *High Power LED*, DC – DC *Buck Converter*, Modul *Board Arduino Nano* dan Modul Sensor LDR.
- BAB III : Metodologi penelitian.
- BAB IV : Berisi perancangan alat, pembahasan, analisis yang diajukan dalam penelitian dengan memperhatikan hasil analisis dan data yang diperoleh.
- BAB V : Berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lampu Pijar

Lampu pijar adalah lampu yang memancarkan cahayanya dari kawat yang berpijar di dalam bola lampu, apabila mendapat arus listrik mengalirinya. Pijaran kawat inilah yang berubah menjadi cahaya. Jenis lampu ini sangat mudah menyala tetapi sangat panas untuk pemakaian yang relatif lama. Oleh karena itu, lampu jenis ini boros energi. Warna cahaya lampu pijar adalah kuning, derajat suhu warna 2500 – 2700 K (Kelvin). Jenis lampu yang dikembangkan Thomas Alfa Edison ini memakai filamen tungsten, yaitu semacam kawat pijar di dalam bola kaca yang di isi gas nitrogen, argon, kripton, hidrogen dan sebagainya. Lampu ini membutuhkan lebih banyak energi dibandingkan lampu TL untuk mendapatkan tingkat terang yang sama. Lampu pijar biasa ini hanya bertahan 1000 jam atau untuk rata-rata pemakaian 10 jam sehari semalam, hanya bertahan kira-kira 3 – 4 bulan, dan setelah itu kita harus membeli bohlam baru (anonim1, 2016). Lampu Pijar dapat dilihat dari Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Lampu Pijar

Sumber: Liang (2012: 14)

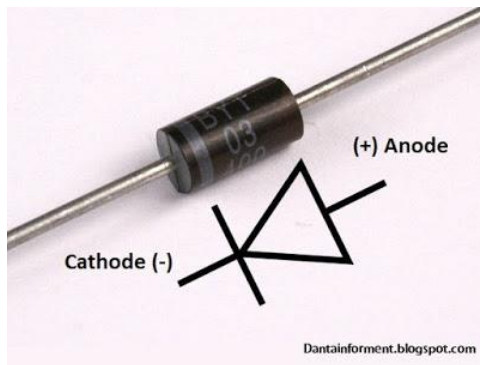
2.2 LED (*Light-Emitting Diode*)

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai karakteristik dioda, karakteristik LED sebagai berikut:

2.2.1 Karakteristik Dioda

Dioda merupakan komponen elektronika yang aktif yang dapat melewatkan arus dari sisi anoda ke katodanya. Dalam pendekatan dioda ideal, dioda dianggap sebagai sebuah saklar tertutup jika dibias maju dan sebagai diode aktif membutuhkan V_{knee} sebesar 0,7 volt

untuk konduksi dengan baik. Jika tegangan sumber lebih besar dari 0,7 volt maka saklar tertutup dan tegangan dioda adalah 0,7 volt. Sebaliknya jika sumber negatif atau kurang dari 0,7 volt maka saklar akan terbuka. Pada pendekatan ketiga, perhitungan resistansi Bulk (r_b) dioda silikon konduksi, arus menghasilkan tegangan pada r_b . karena r_b linier, tegangan naik secara linier mengikuti kenaikan arus. Tegangan dimana naik secara drastis pada saat dibias maju disebut V_{knee} , sedangkan tegangan yang mengakibatkan arus naik secara drastis saat dibias *reverse* (mundur) disebut $V_{breakdown}$. Dioda dapat dilihat dari Gambar 2.2 berikut ini:

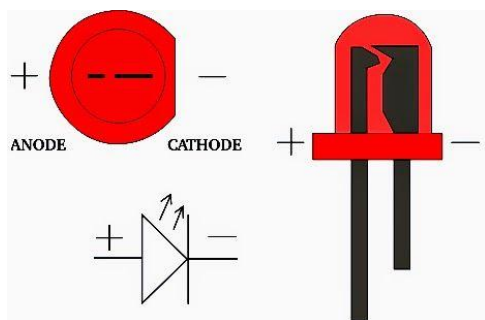


Gambar 2.2 Bentuk Fisik Dioda dan Simbol Beserta Polaritasnya
Sumber: www.Daintaininform.com

2.2.2 Karakteristik LED

Dioda cahaya atau lebih dikenal dengan sebutan LED (*Light-Emitting Diode*) adalah suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. LED adalah sejenis diode semikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, LED terdiri atas sebuah *chip* bahan semikonduktor bertipe P dan N yang digabung. Hal ini menyebabkan arus listrik hanya bisa mengalir satu arah. Apabila LED diberikan arus terbalik, hanya akan ada sedikit arus yang melewatinya dan menyebabkan *chip* LED tidak akan mengeluarkan emisi cahaya.

Bentuk fisik dan symbol LED dapat dilihat dari Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.3 Bentuk Fisik LED dan Simbol Beserta Polaritasnya

Sumber: www.Aozon.com

LED indikator seperti pada gambar 2.3 biasanya digunakan pada alat – alat elektronik seperti telepon genggam, *handycam*, televisi dan sebagainya. LED ini dapat menyala ketika diberi arus maju seperti dioda pada umumnya dan tidak membutuhkan *driver* untuk menjaganya agar tetap menyala. Berbeda dengan *High Power LED* yang untuk menyalakannya membutuhkan suatu *driver*.

High Power LED adalah lampu LED dengan teknologi terbaru yang merupakan pengembangan dari tipe SMD sebelumnya dan mampu menghasilkan *luminous efficacy* yang tinggi antara 30-90 lumen/W dengan konsumsi daya yang kecil. Lampu LED ini sudah dipergunakan secara luas untuk menggantikan lampu pijar di rumah, pabrik, jalan dan sebagainya (ToolBox, 2019).

Selain banyaknya kelebihan *High Power LED*, lampu ini menghasilkan panas yang cukup tinggi (*High Heat*). Akan tetapi, panasnya bukan berasal dari cahayanya melainkan dari bagian belakang LED tersebut, sehingga lampu ini membutuhkan *heatsink* (sirip pendingin).

Heatsink adalah alat yang digunakan untuk mengurangi panas suatu peralatan dengan cara memindahkannya ke medium lain seperti udara. Untuk menghubungkan *high power LED* ini dengan *heatsink* cara yang paling baik adalah menyolder *High-Power LED* ini ke PCB yang diberi *silicone grease* dan ditempelkan pada *heatsink* tersebut.

High Power LED tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kegunaannya. *High Power LED* beserta *Heatsink*-nya dapat dilihat Gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 High Power LED

Sumber: www.electronics.stackexchange.com

Berikut adalah sedikit perbandingan luas penampang dengan jumlah *chip* dan daya yang dibutuhkan antara beberapa jenis LED,

Tabel 2.1

Perbandingan Luas Penampang dengan Jumlah *CHIP* dan Daya yang Dibutuhkan

Sumber: www.mazpedia.com

LED Type	T-Pack	Surface Mount	Chip on Board
Device Image			
Packed Array (10mm x 10mm)			
Density	9 LEDs	40 LEDs	342 LEDs
Array Power	0.4 Watts	4 Watts	68 Watts

Itulah sebabnya LED HPL bisa juga disebut *multi – chip* LED. HPL yang sering ditemukan mempunyai daya muai dari 1 W, 3 W, 5 W, 10 W, 20 W sampai ratusan watt, dan juga harga yang lebih mahal dibandingkan LED biasa (Mazped, 2014).

Berikut adalah perbandingan intensitas cahaya lampu bohlam yang menggunakan LED SMD dengan yang menggunakan LED HPL ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2
Perbandingan Jenis Lampu Bohlam

Perbandingan Lampu Bohlam							
No	Tipe Bohlam	Voltase (VDC)	Daya (W)	Fitting	Fluks Cahaya (lm)	Colour Temperature	Life Time(Jam)
1	SMD LED (Merk Mitsuyama)	12	5	E27	300	6000K	Tidak Diketahui
2	HPL (Merk Royal)	12	5	E27	400	6000 - 6500K	50,000

Dalam tabel di atas dapat disimpulkan bahwa LED HPL lebih baik intensitas cahayanya dibandingkan dengan LED SMD dengan konsumsi daya yang sama.

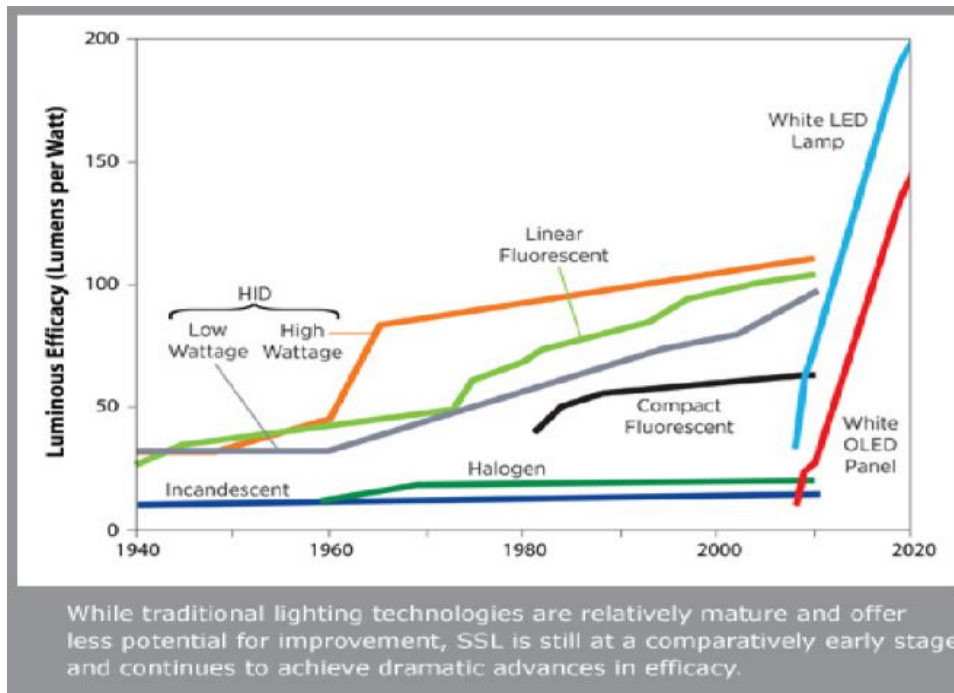
Pada lampu bohlam LED DC ini akan menggunakan *high power* LED 1watt dengan LED *White* (Gambar 2.4) sebanyak 3 buah. Karena pada penelitian ini menggunakan *high power* LED milik EPISTAR, maka perlu acuan spesifikasi *high power* LED yang umum seperti pada tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3
Tabel Spesifikasi *High Power* 1W LED EPISTAR
Sumber: www.epistar.com

Part No.	FD-1W120-N1	Color	White
Luminous Intensity	100-120lm	Viewing Angle	120 degree
Forward Current	350mA	Forward Voltage	3.0 – 3.4V
Color Temperature	2800-10000K	Lens Color	Transparent PC

Tabel spesifikasi di atas dapat dijadikan acuan untuk menentukan bagaimana desain lampu yang akan dibuat pada penelitian ini. Seperti bagaimana desain untuk menentukan lumen, *luminous efficacy*, dan temperature warna.

Luminous efficacy adalah sebuah tolak ukur seberapa baik sumber cahaya dapat menghasilkan cahaya per watt (lumen/watt). Gambar 2.5 merupakan *efficacy* LED yang diajukan Departemen Energi Amerika Serikat.



Gambar 2.5 Grafik *Luminous Efficacy* yang Diperhitungkan
Sumber: Liang (2012: 31)

Seperti pada gambar 2.5 dijelaskan bahwa tingkat penerangan LED terhadap rasio kebutuhan daya diperhitungkan akan naik hampir secara linear hingga tahun 2020. Hal ini berarti LED akan terus semakin terang pada *supply* daya yang lebih rendah (Liang, 2012).

Untuk kuat pencahayaan (lux) pada suatu ruangan disesuaikan dengan tinggi langit – langit, panjang dan lebar ruangan. Untuk mendapatkan jarak lux meter dengan lampu, pada penelitian ini akan diambil kuat pencahayaan rata – rata seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4 dan 2.5 berikut ini:

Tabel 2.4

Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna yang Direkomendasikan

Sumber: SNI (2001: 5)

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal :			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
Perkantoran :			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
Lembaga Pendidikan :			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
Hotel dan Restaurant			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus dirancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
Rumah Sakit/Balai pengobatan			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	

Tabel 2.5

Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna yang Direkomendasikan

Sumber: SNI (2001: 6)

Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
Pertokoan/Ruang pameran.			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil).	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko perhiasan, arloji.	500	1	
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang.
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain).	250	1 atau 2	
Industri (Umum).			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~ 200	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	1	
Pemeriksaan warna.	750	1	
Rumah ibadah.			
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	idem

Berdasarkan tabel 2.4 dan 2.5 bahwa lampu bohlam LED DC ini diharapkan dapat menghasilkan kuat pencahayaan minimal 60 lux yaitu merupakan kuat pencahayaan minimal untuk ruang pekerjaan visual.

Temperatur warna (dalam Kelvin) pada LED memperhitungkan warna dari lampu bohlam LED ini. Temperatur warna itu akan mengartikan jumlah warna putih terang, kuning, merah dan biru pada cahaya.

Pada suhu Kelvin yang lebih tinggi dari 5000K adalah yang kita sebut dengan “cool” sedangkan untuk temperatur warna yang lebih rendah (2700 – 3000K) adalah yang kita sebut “warm”. Temperature warna bukan sebuah indikator panas lampu (J.W, 2009).

Tabel 2.6

Spektrum *Color Temperature*

Sumber: Liang (2012: 32)

Degrees Kelvin	Type of Light Source	Indoor (3200k) Color Balance	Outdoor (5500k) Color Balance
1700-1800K	Match Flame		
1850-1930K	Candle Flame		
2000-3000K	Sun: At Sunrise or Sunset		
2500-2900K	Household Tungsten Bulbs		
3000K	Tungsten lamp 500W-1k		
3200-3500K	Quartz Lights		
3200-7500K	Fluorescent Lights		
3275K	Tungsten Lamp 2k		
3380K	Tungsten Lamp 5k, 10k		
5000-5400K	Sun: Direct at Noon		
5500-6500K	Daylight (Sun + Sky)		
5500-6500K	Sun: through clouds/haze		
6000-7500K	Sky: Overcast		
6500K	RGB Monitor (White Pt.)		
7000-8000K	Outdoor Shade Areas		
8000-10000K	Sky: Partly Cloudy		

Based on information from the book [digital] *Lighting & Rendering*Chart and colors (c)2003 Jeremy Birn for www.3dRender.com

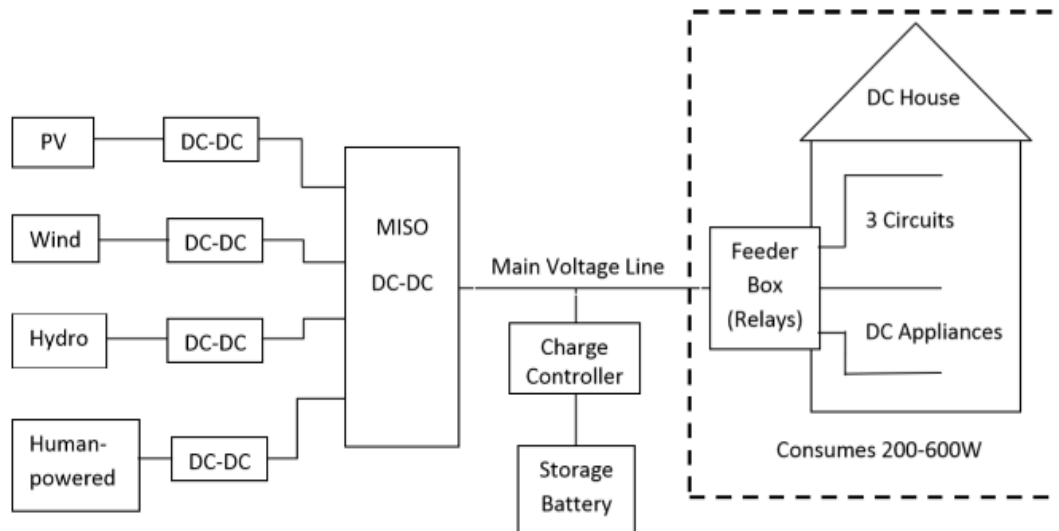
Telah dijelaskan bahwa warna “*cool white*” berada pada *color temperature* lebih dari 5000K. Pada tabel 2.6 menunjukkan bahwa *color temperature* antara 5500 – 6500K yang paling sesuai untuk menghasilkan cahaya yang digunakan pada ruangan yang digunakan untuk pekerja khususnya visual karena dapat menghasilkan kontras yang lebih tinggi dari pada *warm light*. Lampu bohlam LED ini akan dirancang menggunakan 3 buah *High Power* LED yang dapat menghasilkan *color temperature* antara 5500 – 6500K.

Untuk mendapatkan penerangan yang maksimal kita perlu mempertimbangkan letak *High Power* LED. Karena lampu ini dimaksudkan memakai 3 buah LED dan seperti yang telah diketahui bahwa *viewing angle* 120°, maka posisi terbaik adalah segitiga agar penyebaran cahaya merata.

2.3 Sistem Rumah DC

Rumah DC adalah sebuah rumah yang dapat menyediakan kebutuhan listriknya sendiri dengan cara pengkonversian berbagai bentuk energi terbarukan yang berada di sekitar rumah tersebut. Tujuan Rumah DC ini adalah untuk menemukan metode penyediaan listrik dengan biaya rendah sehingga dapat digunakan di daerah terpencil di mana listrik tidak tersedia atau tidak terjangkau oleh PLN. Dengan demikian, komponen spesifik untuk Rumah DC harus dipilih dengan teliti demi mengkonsumsi permintaan energi warga, sehingga Rumah DC

juga memiliki potensi untuk dapat meningkatkan gaya hidup para warga di desa terpencil yang tidak terjangkau aliran listrik oleh PLN. Desain dasar Rumah DC ditunjukkan pada gambar 2.6 yang mengilustrasikan berbagai tipe pembangkitan energi DC, antara lain panel surya, energi angin, *micro-hydroelectric* dan energi yang dibangkitkan dari manusia (Cabaj, 2011). Diagram blok sistem Rumah DC dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini:



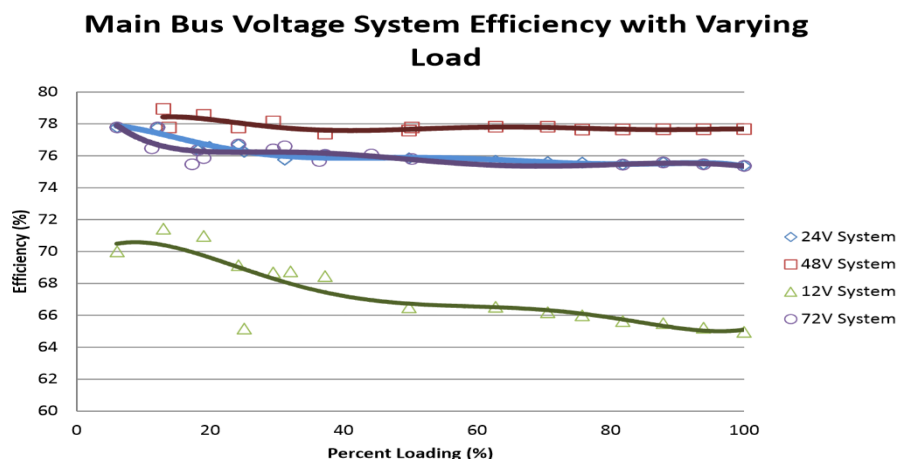
Gambar 2.6 Diagram Blok Sistem Desain Rumah DC

Sumber: Cabaj (2011: 9)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.6 terdapat empat sumber daya terbarukan yang terhubung pada *boost* DC – DC *converter* masing – masing yang menaikkan tegangan dari kurang lebih 12V hingga 24V. Tegangan ini kemudian menjadi input ke *Multiple-Input-Single-Output* (MISO) DC – DC *Converter* yang menjumlahkan total daya yang dihasilkan pada sisi pembangkit. MISO ini juga menaikkan tegangan tersebut pada outputnya pada efisiensi tertentu. *Main voltage line* terhubung ke *charge controller* dan sebuah baterai penyimpanan dengan kapasitas tertentu. Baterai penyimpanan ini berfungsi sebagai penyimpan kelebihan energi terbarukan yang telah diproduksi dan tidak dipergunakan langsung di Rumah DC. Kelebihan energi dalam baterai penyimpanan dapat digunakan sebagai cadangan energi disaat sumber DC tidak beroperasi (misalnya: panel surya tidak bekerja pada saat malam hari). Baterai ini dikontrol oleh *charge controller* yang menentukan waktu pengisian dan penggunaan bergantung pada produksi energi dan kebutuhan arus untuk konsumsi.

Main voltage line juga terhubung ke *feeder box* yang terdiri atas relay – relay seperti beberapa *circuit breaker* dan *fuse* untuk mengontrol distribusi energi dan melindungi dari *ground faults* pada Rumah DC (Cabaj, 2011).

Pada sistem Rumah DC, tegangan bus utama yang digunakan adalah 48V. Tegangan ini merupakan tegangan yang paling efisien pada sistem ini. Hal ini telah disebutkan pada penelitian Jessica E. Chaidez. Pada gambar 2.7 merupakan grafik hasil penelitian tersebut yang dapat menggambarkan efisiensi sistem tegangan bus utama.



Gambar 2.7 Grafik Efisiensi Sistem Tegangan Bus Utama
Sumber: Chaidez (2011: 33)

Gambar 2.7 menunjukkan peningkatan efisiensi sistem mulai saat persen beban rendah hingga persen beban tinggi (Chaidez, 2011).

2.4 Switched-Mode Power Supply (SMPS)

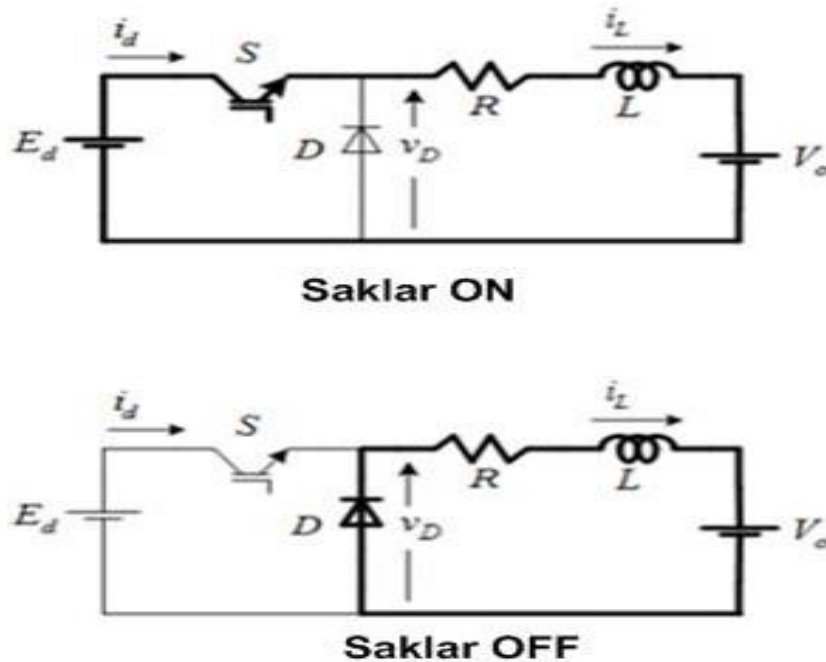
SMPS adalah suatu peralatan untuk memberikan sumber DC dengan metode *switching* (penyaklaran) tegangan pada frekuensi tertentu. *Power supply* ini melakukan konversi daya melalui komponen – komponen yang bersifat rendah rugi dayanya (*low loss component*) seperti kapasitor, induktor dan transformator. Keuntungan menggunakan SMPS adalah hasil konversi dayanya berefisiensi tinggi dibandingkan dengan *power supply* konvensional yang efisiensinya rendah (Wikipedia, 2013).

Pada SMPS ini, sinyal AC dan tegangan jala – jala disearahkan dahulu menjadi tegangan DC melalui sebuah rangkaian dioda penyearah dan elektrolit kondensator. Kemudian hasil penyearahan tegangan ini disaklar *on – off* secara terus menerus pada frekuensi tertentu.

2.5 DC – DC Buck Konverter

Buck Konverter adalah salah satu topologi DC – DC konverter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan kendali penyaklaran. Komponen utama pada topologi *buck* adalah saklar elektronik, *diode freewheel* dan kapasitor (Riwi1403, 2010).

Saklar dapat berupa transistor, MOSFET atau IGBT. Kondisi saklar dapat terbuka dan tertutup sehingga arus dapat dikendalikan sesuai dengan *duty cycle* yang diinginkan. Pada saat saklar terhubung dengan sumber tegangan. Kondisi semacam ini disebut dengan keadaan *ON* (*ON State*). Saat kondisi *ON* maka diode akan *reverse bias* Gambar 2.8 berikut ini:



Gambar 2.8 Skema Rangkaian *Buck Converter* dalam Keadaan *ON* dan *OFF*
Sumber: www.scribd.com

Sedangkan saat saklar terbuka maka seluruh komponen tadi akan terisolasi dari sumber tegangan. Keadaan ini disebut dengan kondisi *OFF* (*OFF State*). Saat kondisi *OFF* ini dioda menyediakan jalur untuk arus induktor. *Buck Converter* disebut juga *down converter* karena nilai tegangan *output* selalu lebih kecil dari inputnya (Riwi1403, 2010).

2.6 Arduino Nano

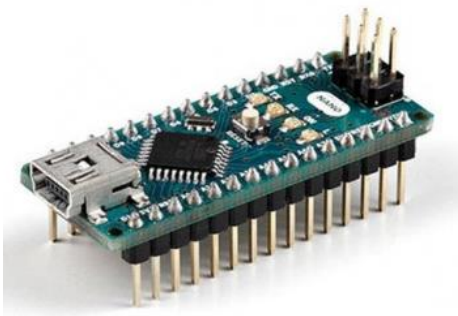
Arduino Nano adalah board yang memiliki IC ATmega328P. Arduino nano ini kurang lebih memiliki fungsi yang sama seperti Arduino Duemilanove, board ini juga diberi tegangan DC dan bekerja dengan kabel USB Mini-B. Untuk spesifikasinya bisa dilihat dalam tabel 2.7 dan untuk bentuk fisiknya dalam gambar 2.9 berikut ini:

Tabel 2.7

Spesifikasi Arduino Nano

Sumber: [www. store.arduino.cc](http://www.store.arduino.cc)

MIKROKONTROLER	ATmega328
ARSITEKTUR	AVR
TEGANGAN OPERASI	5 V
MEMORI FLASH	32 KB dimana 2 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB
CLOCK SPEED	16MHZ
PIN IN ANALOG	8
EEPROM	1 KB
ARUS DC PER PIN I / O	40 mA (Pin I / O)
TEGANGAN INPUT	7-12 V
PIN I / O DIGITAL	22 (6 diantaranya adalah PWM)
OUTPUT PWM	6
KONSUMSI DAYA	19 mA
UKURAN PCB	18 x 45 mm
BERAT	7 g
KODE PRODUK	A000005

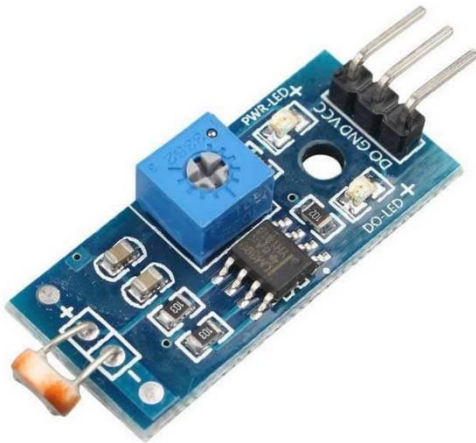


Gambar 2.9 Modul Board Arduino Nano

Sumber: [www. store.arduino.cc](http://www.store.arduino.cc)

2.7 Modul Sensor LDR

Modul sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. Ini dikaitkan dengan pin output analog dan pin output digital yang masing-masing diberi label AO dan DO. Ketika ada cahaya, resistansi LDR akan menjadi rendah sesuai dengan intensitas cahaya. Semakin besar intensitas cahaya, semakin rendah resistensi LDR. Sensor ini memiliki tombol potensiometer yang dapat disesuaikan untuk mengubah sensitivitas LDR terhadap cahaya. (Mybotic, 2017). Modul Sensor Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut ini:



Gambar 2.10 Modul Sensor LDR

Sumber: www.instructables.com

Untuk spesifikasi Modul Sensor LDR ini terdapat pada Tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.8
Spesifikasi Modul Sensor LDR
Sumber: www.sunrom.com

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	9	-	K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	18	-	ms
Fall Time	1000 LUX	-	48	-	ms
	10 LUX	-	120	-	ms
Voltage AC/DC Peak		-	-	320	V max
Current		-	-	75	mA max
Power Dissipation				100	mW max
Operating Temperature		-60	-	+75	Deg. C

Pada Tabel 2.9 di bawah ini adalah perbandingan antara Tabel *Datasheet* di atas dengan pada saat pengujian berlangsung, berikut Tabel 2.9 berikut ini:

Tabel 2.9

Perbandingan Lux dan Resistansi

No	LUX LDR (Lux)	Res. LDR (ohm)	Res. LDR Datasheet (ohm)
1	9.57	6409	9017
2	19.73	6331	8928
3	29.79	6254	8841
4	39.75	6177	8754
5	49.63	6101	8668
6	59.4	6026	8582
7	69.09	5951	8499
8	81.87	5853	8388
9	91.75	5780	8302
10	100.74	5708	8224
11	110.05	5636	8143
12	119.27	5565	8062
13	131.44	5472	7956
14	140.47	5402	7878
15	149.42	5333	7800
16	164.16	5220	7672
17	170	5175	7621
18	181.57	5086	7520
19	190.16	5020	7446
20	201.49	4933	7347
21	209.9	4868	7274
22	221.01	4783	7177
23	229.25	4719	7105
24	240.14	4636	7011
25	250.9	4553	6917

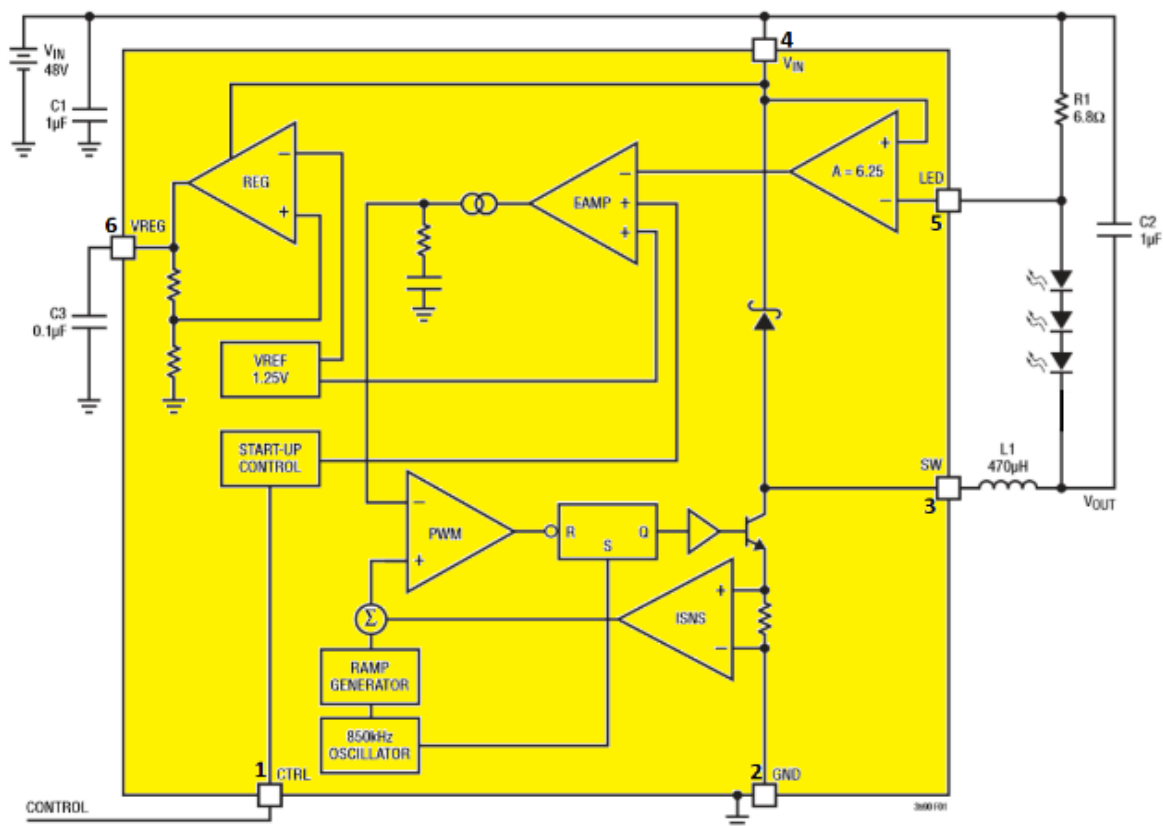
Pada tabel di atas dapat terlihat perbedaan yang didapat antara resistansi LDR dengan resistansi LDR *Datasheet* pada saat mendapatkan LUX yang sama. Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa perbedaan atau Prosentase *Error*(%) sebesar 31%. Dihitung menggunakan persamaan 2.1 berikut :

$$\%Error = \frac{Exact\ Value - Approximate\ Value}{Exact\ Value} \times 100 \dots \dots \dots (2-1)$$

2.8 IC LT3590

IC LT3590 merupakan sebuah *high voltage current buck mode LED driver* yang mampu membangkitkan arus konstan ke sebuah rangkaian LED hingga tegangan total 40V. Memiliki fitur *internal compensation*, sebuah *internal power switch* 55V dan sebuah *internal*

schottky diode 55V yang dapat meneruskan arus DC hingga 50mA dengan efisiensi hingga 91% (Linear, 2008). Diagram Blok dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut ini:



Gambar 2.11 IC LT3590 SMD

Sumber: Linear (2008: 6)

LT3590 ini mempunyai 3,3V *onboard linear regulator* yang memiliki kemampuan menyuplai hingga 1mA untuk digunakan oleh sebuah peralatan eksternal. Regulator 3,3V tetap tersedia bahkan pada saat keadaan *shut down*. Fitur ini dapat digunakan untuk *power-up* (menyalakan) *eksternal controller* LT3590 yang hasilnya dapat mengontrol arus LED dengan mengaktifkan pin CTRL. Secara alternatif, pin output regulator (V_{REG}) boleh dihubungkan langsung ke pin CTRL (pin 1). Pin CTRL jika diberi tegangan lebih dari 150mV, maka osilator, komparator PWM dan *error amplifier* aktif. LT3590 menggunakan *buck mode converter* untuk meregulasi tegangan *output* ke level tegangan yang dibutuhkan LED agar sesuai dengan arus yang diinginkan (Linear, 2008). Apabila masih kurang dari 100mV maka *switcher* (BJT pada rangkaian) tidak aktif dan *current sense voltage* dan arus LED sama dengan nol. Pada penelitian ini pin CTRL (pin 1) dihubungkan ke Arduino untuk membangkitkan PWM agar dapat mengatur intensitas cahaya yang diinginkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Obyek penelitian pada penelitian ini adalah rancang bangun lampu bohlam DC untuk Rumah DC.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung pengoperasian alat dan perancangan alat. Literatur didapatkan dari buku-buku, jurnal penelitian maupun artikel dari internet.

3.3 Perancangan Alat

Dalam perancangan alat akan dijelaskan mengenai perencanaan desain, merancang alat dan pembuatan alat yang digunakan dalam penelitian ini.

3.3.1 Membuat Perencanaan Desain

Pembuatan perencanaan desain pada penelitian ini dilakukan dalam empat tahap, yaitu:

1. Perancangan Desain Elektrik
2. Perancangan Desain Luminasi
3. Perancangan Desain Fisik
4. Perancangan Desain Konstruksi

3.3.1.1 Perancangan Desain Elektrik

Spesifikasi performansi untuk lampu bohlam DC termasuk efisiensi harus lebih besar sama dengan dari 80%, dengan konsumsi daya yang rendah. Efisiensi yang diharapkan ini berdasarkan teori bahwa DC – DC *Converter* memiliki efisiensi mencapai 78% - 92% (Dolant, 2011).

Lampu bohlam LED ini harus dapat beroperasi pada tegangan bus utama sebesar 48V yang merupakan tegangan yang dapat membuat sistem secara keseluruhan memiliki efisiensi yang terbaik (Chaidez, 2011)

3.3.1.2 Perencanaan Desain Luminasi

Untuk penerangan rumah yang baik perlu dipertimbangkan pula kegunaan lampu penerangan tersebut dalam suatu ruangan. Diharapkan lampu ini dapat berfungsi untuk mempermudah seseorang melakukan berbagai pekerjaan rumah seperti misalnya memasak dan belajar. Oleh karena itu, lampu bohlam DC harus dapat mengeluarkan *color temperature Cool White* antara 5500K – 6500k.

Desain lampu ini dapat menghasilkan *lamination efficacy* antara 30 - 90 lm/w (ToolBox, 2019) dan kuat pencahayaan dalam ruang rata – rata 100 lux. Untuk desain fisik akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

3.3.1.3 Perencanaan Desain Fisik

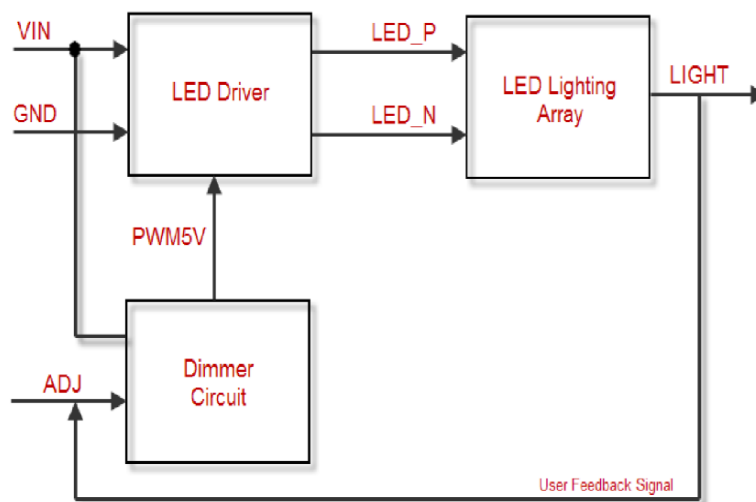
Untuk desain fisik lampu bohlam LED DC ini disesuaikan dengan faktor bentuk mirip dengan lampu bohlam di Indonesia. Lampu ini menggunakan *medium base* dengan E27 *screw base*.

3.3.1.4 Perencanaan Desain Konstruksi

Lampu bohlam DC harus mengikuti standar instalasi yang disarankan oleh PUIL 2000. Sistem lampu bohlam LED DC yang lengkap harus mudah dipasang.

3.3.2 Merancang Alat

Diagram block yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Block Rangkaian

Sumber: Liang (2012: 50)

Lampu bohlam DC terdiri dari tiga subsistem utama, LED *driver*, sirkuit redup dan berbagai pencahayaan LED. *Driver* LED terdiri dari semua elektronik yang diperlukan untuk

mentransfer sumber 48 VDC untuk mendorong *output* pencahayaan LED *array* dan juga kemampuan untuk mengatur kecerahan melalui rangkaian *dimmer*. Kemudian VIN dan GND ini langsung disambungkan pada LED *driver* yang akan dirancang sesuai dengan desain yang diinginkan. Penggunaan set sinyal ADJ dengan memvariasikan slide potensiometer ke dalam sirkuit *dimmer*. PWM 5V adalah dihasilkan modulasi lebar pulsa (PWM) sinyal yang dikeluarkan dari rangkaian *dimmer*. Sisi *output* positif LED *driver* LED_P dihubungkan pada masukan sisi positif LED *array* dan *output* negatif LED *array* masuk sisi *negative* pada LED *driver* yaitu LED_N. Jika susunan lampu sesuai dengan blok ini maka LED dapat mengeluarkan cahaya.

3.3.3 Pembuatan Alat

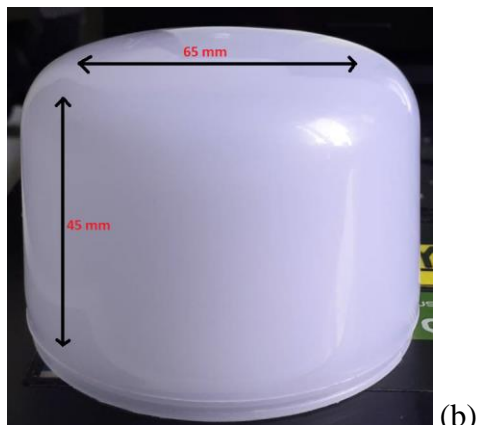
Pembuatan alat pada penelitian ini meliputi rangkaian LED *driver*, LED *Array* dan perangkat keras yang akan dibahas pada bagian selanjutnya.

3.3.3.1 Rangkaian LED

Berdasarkan pada penelitian *Kent Liang*, bahwa membuat desain lampu bohlam ini dari bahan sisa akan lebih murah dan efektif dan karena desain mekanik tidak dibahas pada penelitian ini, maka sebagai alternatif menggunakan lampu bohlam LED 12VDC bekas. Gambar 3.2 berikut ini menunjukan fisik dari lampu bohlam LED yang akan digunakan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.2 Dimensi Lampu Bohlam LED DC

- (a) *Luas Aluminium Heatsink*
- (b) *Light Diffuser*
- (c) *E27 screw base*

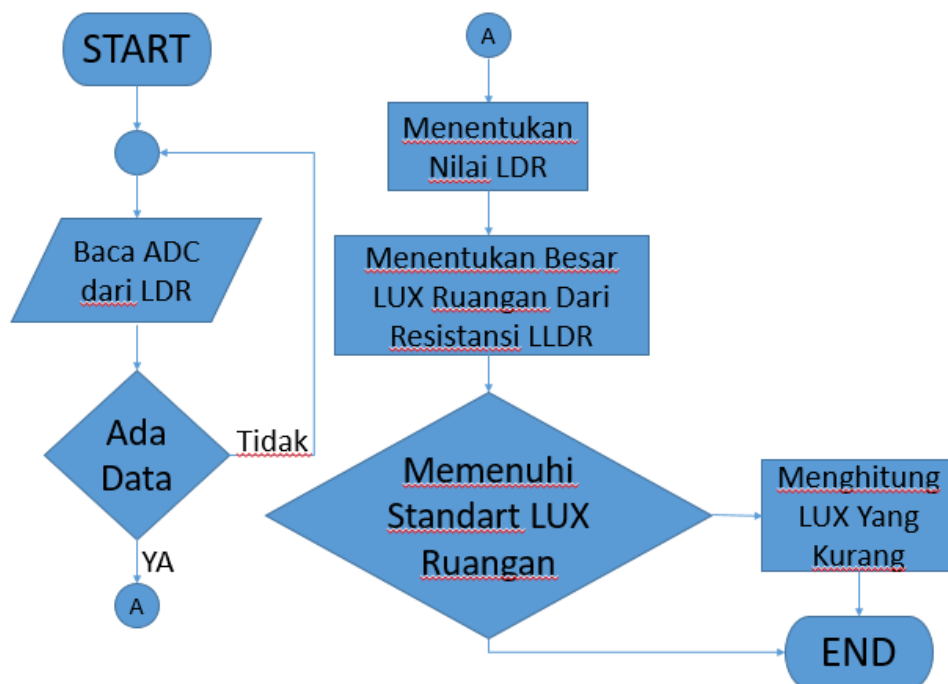
Aluminium *heatsink* yang disebutkan di atas merupakan salah satu yang digunakan pada lampu bohlam LED. Adapun yang terbuat dari plastik dan keramik. Dengan menggunakan *template* lampu bohlam alternatif ini diharapkan tetap dapat menghasilkan lampu bohlam sesuai yang direncanakan.

Untuk alat – alat yang direncanakan ini akan disesuaikan dengan ketersediaannya. Apabila tidak tersedia akan diganti dengan alternatif lain yang hampir serupa.

3.3.3.2 LED *Driver* dan LED *Array*

Pada LED *driver* ini akan menggunakan LT3590 milik *Linear Technology*, yaitu *driver* dengan *buck converter* yang memiliki frekuensi tetap dan digunakan untuk mengendalikan hingga 10 *high power* LED yang dipasang seri dan juga rangkaian *dimmer* menggunakan Modul Arduino Nano yang mampu membangkitkan sinyal PWM. Susunan rangkaian luar yang mendukung LT3590 dan juga Modul Arduino Nano ini akan dijelaskan lebih detail pada bab 4.

Prinsip kerja atau flowchart program akan dijelaskan sedikit pada bagian ini, dan ditunjukkan dalam Gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.3 Flowchart Prinsip Kerja Rangkaian

Pertama – tama modul sensor LDR akan menerima cahaya yang memasuki ruangan dan akan dikonversi menjadi nilai ADC, setelah itu nilai ADC akan dikonversi kembali menjadi bentuk tegangan (V), dari tegangan tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan resistansi (LDR) dan intensitas cahaya yang diterima sensor LDR, setelah diketahui berapa besar intensitas cahaya yang memasuki ruangan maka akan membandingkan apakah sudah memenuhi standar lux yang ditentukan, jika belum memenuhi standar yang ditentukan maka LED akan menyala dengan intensitas cahaya sesuai dengan yang dibutuhkan (selisih dari standar yang ditentukan) dan jika sudah memenuhi persyaratan diawal maka LED tidak akan menyala. Untuk membedakan cahaya dari LED dengan cahaya matahari, maka sensor LDR ditempatkan didekat jendela dan dihadapkan keluar ruangan, kemudian diberi penutup pada bagian belakang sensor LDR agar tidak membaca cahaya yang dipancarkan oleh LED tersebut dan juga agar cahaya yang dikeluarkan LED tidak fluktuatif karena pembacaan sensor LDR yang salah.

Untuk desain LED Array akan disusun segitiga karena *viewing angle* LED adalah 120° (tabel 2.3). LED ini akan dipasang di atas suatu PCB yaitu *Metal – Core* PCB agar dapat dipasang ke *aluminium heatsink* dengan ditambah *silicon grease* agar panas LED dapat lebih mudah disalurkan.

3.3.3.3 Perangkat Keras

Pada bagian ini, akan dibahas tentang desain perangkat keras dan implemetasi *heatsink* dan rangkaian LED lampu bohlam LED DC ini. Untuk desain *Custom PCB 2 Layer* akan dilakukan dalam dua tahap. Yaitu tahap pertama akan dibuat secara skematik berdasarkan *Eagle*. Kemudian skematik ini akan digunakan untuk membantu membuat ukuran dan komponen PCB. Ukuran *Custom PCB 2 Layer* ini harus sesuai dengan *enclosure* lampu bohlam.

Pada penelitian ini tidak menggunakan MCPCB dikarenakan tidak mendapatkannya, dengan itu kita menyiasatinya dengan memisah antara *board* IC LT3590 dengan board untuk LED itu sendiri, bertujuan agar panas yang dihasilkan dar bawah LED HPL itu tidak menyebar ke komponen lainnya. Sedangkan untuk *board* IC LT3590 kita menggunakan PCB biasa dan untuk *board* LED HPLnya kita menggunakan alumunium yang bertujuan agar panas dapat menyebar merata ke bagian alumunium tersebut.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, lampu bohlam DC yang diajukan seperti bab 3 akan dijelaskan lebih detail. Mulai dari blok diagram lampu yang dijelaskan, kemudian desain sematik bagian – bagian lampu bohlam, pemilihan komponen, hasil pengujian dan analisis.

4.1 Diagram Blok

4.1.1 Diagram Blok Desain

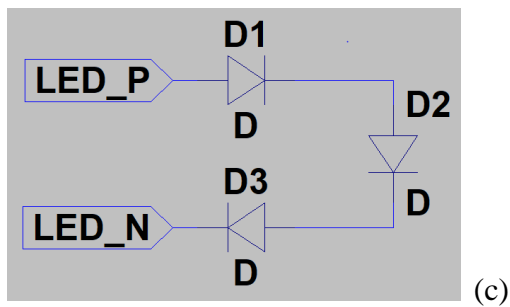
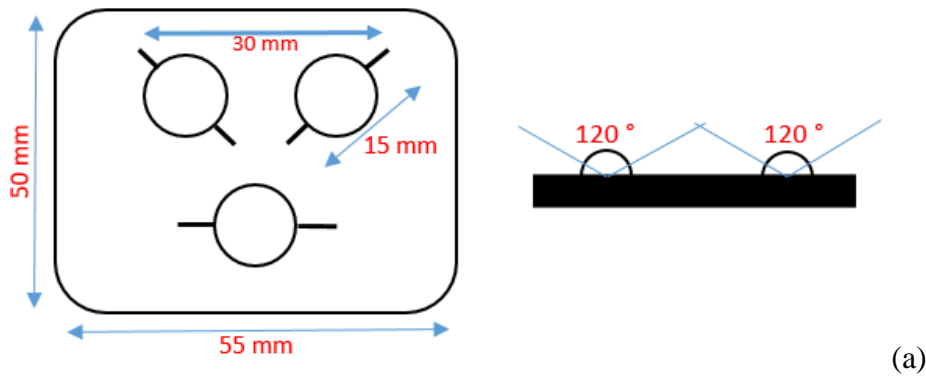
Diagram blok desain secara umum yang direncanakan sesuai dengan gambar 3.1. Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, diagram blok tersebut menunjukkan secara garis besar jalur bagaimana mulai dari tegangan bus masuk hingga lampu LED menyala. Dengan *driver* yang akan mengatur nyala dari lampu LED yang merupakan bagian yang harus dirancang pada penelitian ini. Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa LED *driver* ini akan menggunakan chip LT3590 yang merupakan *Buck Mode LED Driver*.

4.2 LED Array

Pada bagian ini, desain dan pemilihan tipe LED akan dibahas. Dengan ini harus sesuai dengan dimensi standar yang digunakan di Indoneisa. Jadi, desain LED *Array* ini harus sesuai dengan dimensi lampu tersebut.

Karena pada penelitian ini tidak membahas tentang mekanik lampu, maka untuk kerangka lampu akan menggunakan sisa kerangka lampu yang sudah ada. Pada penelitian ini akan digunakan kerangka lampu bohlam bekas yang telah ditunjukan pada gambar 3.2.

LED yang digunakan adalah merek EPISTAR. Dengan melihat spesifikasi LED pada tabel 2.3 dan mengacu pada penelitian sebelumnya, maka tiap LED memiliki 80 lm. Jadi jika menggunakan 3 buah LED, maka seharusnya dapat menghasilkan *luminous flux* hingga 240 lm. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2 LED ini harus diletakan di atas MCPCB untuk ditempelkan ke aluminium *heatsink* dan seperti yang sudah dijelaskan pada bab 3, bahwa kita tidak menggunakan MCPCB melainkan menggunakan aluminium *heatsink* langsung. Pada Gambar 4.1 berikut desain skematik dan fisik dari *board* LED yang akan kita gunakan.



Gambar 4.1 Desain Fisik dan Skematik Board LED

(a) Desain Jarak Antar LED

(b) Desain Skematik

(c) Desain Fisik

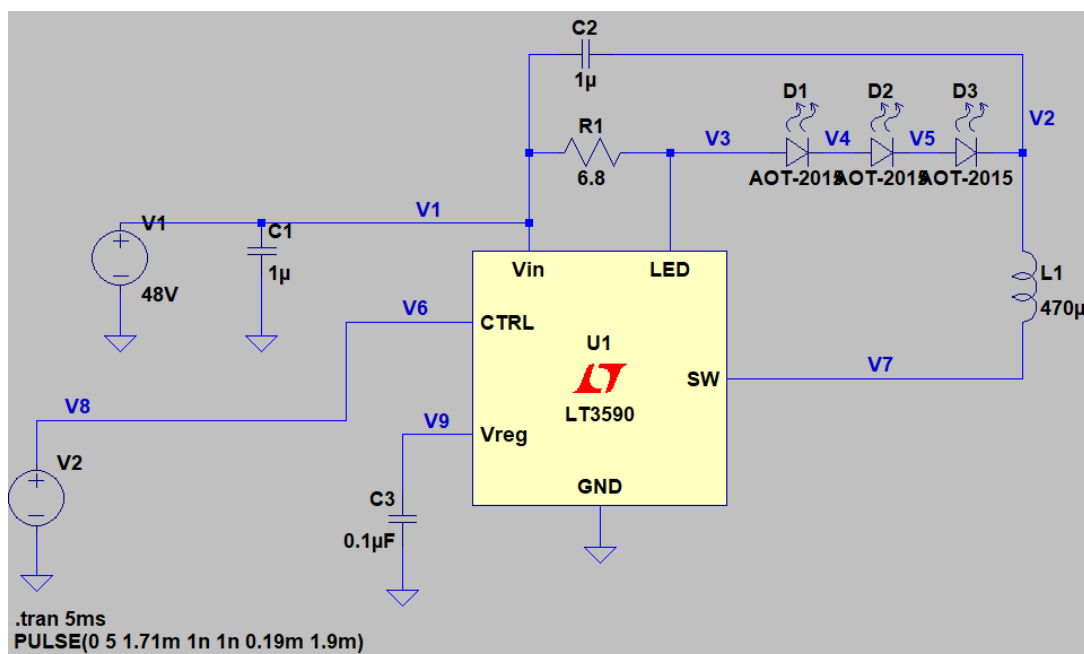
Desain *LED array* di atas pada gambar 4.1 yang akan digunakan pada pembuatan lampu LED pada penelitian ini.

Berikut ini akan dijelaskan perhitungan posisi dan jarak antar LED. Karena menggunakan 3 buah LED maka sebaiknya diletakkan dalam posisi segitiga. Hal ini dimaksudkan agar cahaya LED yang keluar sama rata. Kemudian jarak antar LED dihitung dengan mengetahui ukuran LED secara keseluruhan. Panjang tiap LED beserta kakinya adalah 15 mm. penulis bermaksud meletakkannya pada posisi segitiga sama sisi karena memiliki *viewing angel* sebesar 120° . Sehingga cara mencari jarak LED yang dilakukan adalah dengan menentukan jarak antara LED tersebut (segitiga sama sisi) berasal dari

panjang LED dikalikan 2, sehingga jaraknya adalah 30 mm. Jarak ini merupakan jarak yang paling sesuai dengan bentuk *aluminium heatsink*. Perhitungan ini dimaksudkan agar lampu bohlam dapat menghasilkan tingkat terang yang maksimum. Akan tetapi hal ini dapat menyebabkan cahaya keluar dalam satu titik saja. Oleh karena itu, diperlukan *light diffuser* (gambar 3.2) agar cahaya dapat menyebar.

4.3 LED Driver

Pada bagian ini, *LED driver* untuk lampu bohlam DC akan dibahas. *Linear Technology* 3590 dipilih dengan salah satu keunggulannya yaitu adalah harga komponen yang murah. LT3590 ini merupakan *48V Buck Mode LED Driver* memiliki *range* tegangan input antara 4.5 – 55V yang didesain untuk dapat mengendalikan hingga 10 LED yang disusun seri dari tegangan sumber hingga 48V, memiliki frekuensi *switching* tinggi yaitu 850kHz (Linear, 2008). Pada gambar 4.2 dibawah ini merupakan desain *LED driver* yang akan digunakan pada lampu bohlam DC.



Gambar 4.2 Skematik LED Driver pada 48V Buck Mode LED Driver

Rangkaian luar chip disusun berdasarkan *datasheet* yang akan dijelaskan pada bagian ini. Komponen yang digunakan disesuaikan dengan yang ada di Indonesia.

Untuk pemilihan kapasitor, disarankan mulai kapasitor C_2 merupakan kapasitor regulator pada LED array, karena menggunakan LED sebanyak 3 buah, maka C_2 menggunakan kapasitor keramik 1µF (jika kurang dari 3 buah maka menggunakan 2,2 µF). Untuk kapasitor input C_3 dianjurkan menggunakan kapasitor keramik sebesar 0,1µF. Berikutnya adalah menentukan kapasitor output C_1 , kapasitor yang digunakan adalah

kapasitor keramik sebesar 1uF sesuai yang dianjurkan pada datasheet dengan tegangan kapasitor 50V (Linear, 2008).

Kemudian menentukan resistor R_1 dan induktor L_1 yang akan digunakan. Resistor yang digunakan disesuaikan dengan spesifikasi LED yang digunakan. Resistor yang digunakan disesuaikan dengan spesifikasi maksimum 0,35A, tegangan 3,3V dan daya 1Watt. Untuk besar resistor yang dapat digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1
Nilai R Secara Teori untuk Tegangan Referensi 200mV (Linear, 2008)

I_{LED} (mA)	R_1 (Ω)
10	20
20	10
30	6.8
40	5
50	4

Tabel 4.1 menggunakan tegangan referensi 200mV yang menghasilkan arus LED maksimal. Pada penelitian ini memilih resistor sebesar 6.8 Ω yang menghasilkan $I_{LED} = 30\text{mA}$. Resistor ini dipilih karena pada penelitian sebelumnya resistor ini yang menghasilkan efisiensi yang paling baik.

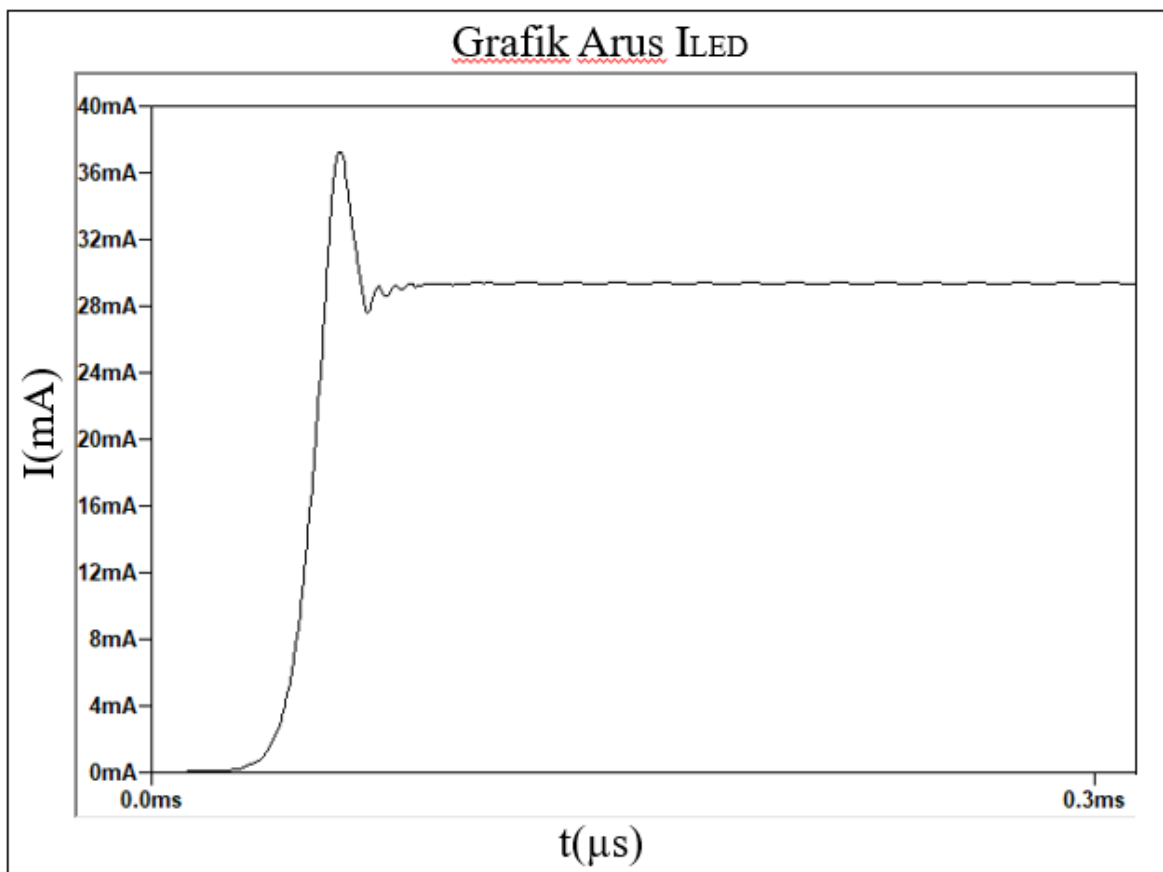
Kemudian induktor L_1 ditentukan sebesar 470uH, karena $V_{IN} > 25\text{V}$ (jika $V_{IN} < 25\text{V}$ menggunakan induktor sebesar 220uH).

Untuk pada pin LT3590 akan dijelaskan pada bagian berikut. Pin V_{IN} langsung terhubung pada tegangan bus utama Rumah DC 48VDC. Untuk pin CTRL perlu diberi tegangan lebih dari 1,25V untuk menghasilkan arus yang konstan. Jika V_{CTRL} sudah mencapai 1,25V maka tegangan *sense reference* mencapai maksimal yaitu 200mV. Oleh karena itu, persamaan I_{LED} seperti yang ditunjukkan pada persamaan 4.1

$$I_{LED} = \frac{200\text{mV}}{R_1} \text{ saat } V_{CTRL} > 1,25\text{V} \dots\dots\dots(4-1)$$

dengan persamaan di atas dapat diketahui bahwa tegangan yang masuk pada V_{CTRL} setelah melebihi 1,25V tidak akan mempengaruhi arus pada LED (Linear, 2008).

Keluaran LED *Driver* akan ditunjukkan dan dianalisis dengan menggunakan program simulasi LTSpice untuk I_{LED} yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut ini:



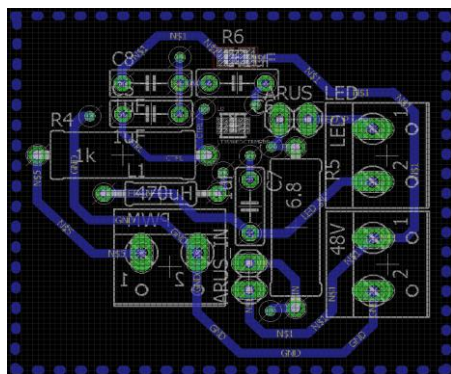
Gambar 4.3 Grafik Arus I_{LED}

Grafik I_{LED} ditunjukkan pada gambar 4.3 merupakan grafik arus terhadap waktu yang terjadi pada D1. Namun karena LED dipasang seri, maka grafik arus pada D2 dan D3 juga sama. Arus yang masuk ditentukan oleh besarnya PWM yang diberikan.

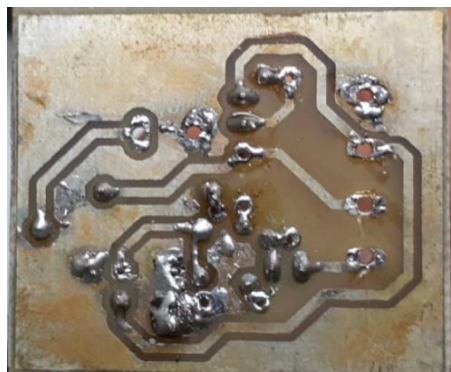
Pada selang waktu tertentu terdapat gelombang *overshoot*. Hal ini terjadi hanya pada saat penyalan awal perangkat *Driver LED DC* ini karena terjadi pengisian kapasitor.

Pada rangkaian yang dibuat untuk penelitian ini pin CTRL dihubungkan ke Arduino Nano untuk mendapatkan sinyal PWM.

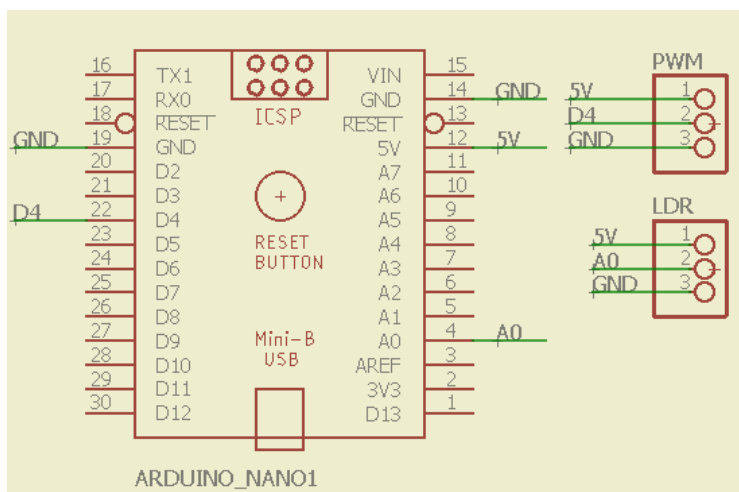
Seperti yang telah dijelaskan pada bab 3 bahwa cara mendesain PCB lampu bohlam ini ada dua langkah. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat skematik rangkaian. Pada penelitian ini menggunakan *EAGLE 8.5.1*. Setelah selesai membuat rangkaian skematik barulah bisa membuat desain PCB yang menggunakan aplikasi *EAGLE 8.5.1*, yang merupakan aplikasi desain PCB yang menyediakan 2 layer. Dengan menghubungkan desain skematik dari *EAGLE 8.5.1*, dapat membantu pengguna untuk mengetahui pin yang harus disambungkan dengan cara *show* pin tersebut sehingga mengurangi kesalahan pada desain PCB.



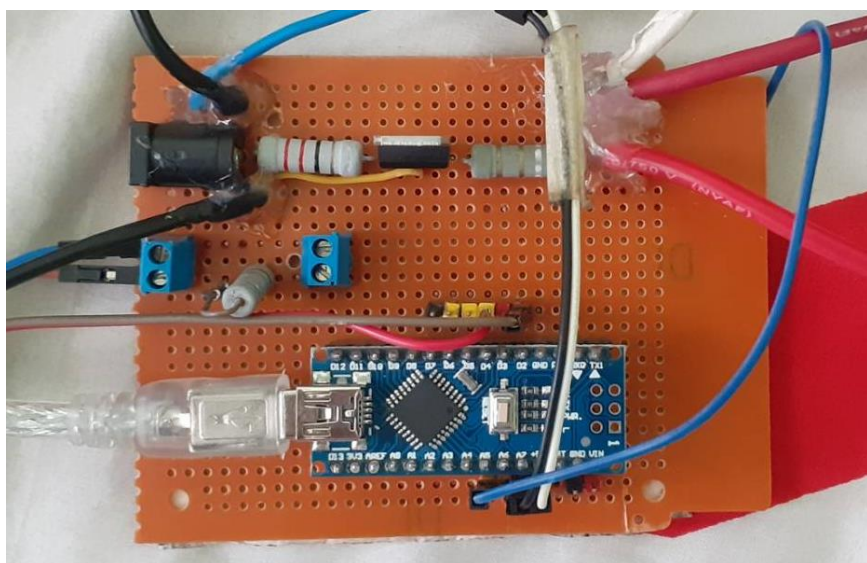
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4.5 Desain PCB 2 layer dan Rangkaian Arduino dengan Sensor LDR

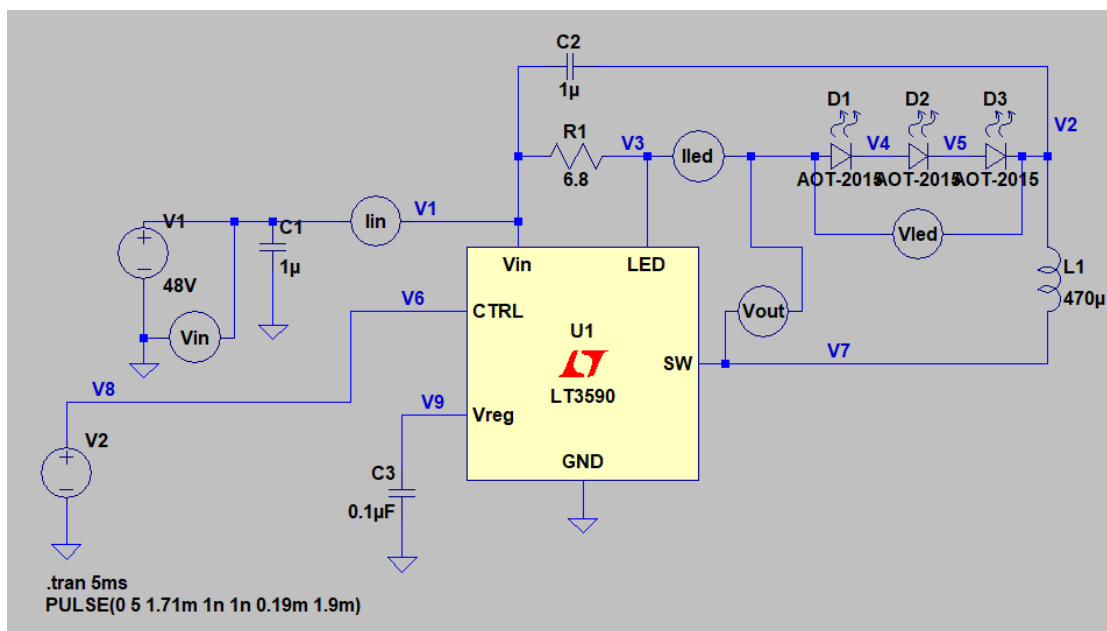
- (a) Rangkaian skematik pada layer atas
- (b) Bentuk fisik board pada layer atas
- (c) Rangkaian skematik pada layer bawah
- (d) Bentuk fisik board pada layer bawah
- (e) Skematik Rangkaian Arduino dengan Sensor LDR
- (f) Bentuk fisik Rangkaian Arduino dengan Sensor LDR

4.4 Pengujian

Pada penelitian ini melakukan tiga penguian, yaitu pengujian efisiensi, pengujian suhu dan pengujian tingkat terang.

4.4.1 Pengujian Efisiensi

Pada pengujian efisiensi ini menggunakan beberapa alat yaitu antara lain DC *power supply*, multimeter dan beberapa kabel. Rangkaian Pengujian dan kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut ini:



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 Rangkaian Pengujian dan Kegiatan Pengujian

(a) Rangkaian Pengujian

(b) Pengukuran Arus LED

(c) Pengukuran Tegangan LED

Gambar di atas menunjukkan rangkaian untuk menguji efisiensi pada lampu. Pada gambar (b) merupakan pengukuran arus. Pengukuran arus dilakukan dalam dua tahap yaitu pengukuran arus input (I_{in}) dan arus pada LED (I_{LED}). Kemudian gambar (c) menunjukkan pengukuran tegangan pada rangkaian LED (V_{LED}) menggunakan multimeter dan dibandingkan dengan PWM yang diubah – ubah. Diketahui masing – masing LED membutuhkan tegangan sebesar 3.3V. Karena menggunakan 3 buah LED, maka seharusnya rangkaian LED ini membutuhkan tegangan 9.9V.

Kemudian berikut ini akan dijelaskan tentang pengujian efisiensi. Langkah awal pengujian ini adalah dengan mendapatkan I_{LED} dan V_{LED} dengan menggunakan alat ukur, kemudian mencari daya lampu LED (P_{LED}) tersebut dengan menggunakan persamaan

$$P=VI..... (4-2)$$

Kemudian setelah daya input (P_{in}) dan daya pada LED (P_{LED}) dihitung, efisiensi lampu ini dapat diketahui dengan menggunakan persamaan efisiensi yang ditunjukkan pada persamaan

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%.....(4-3)$$

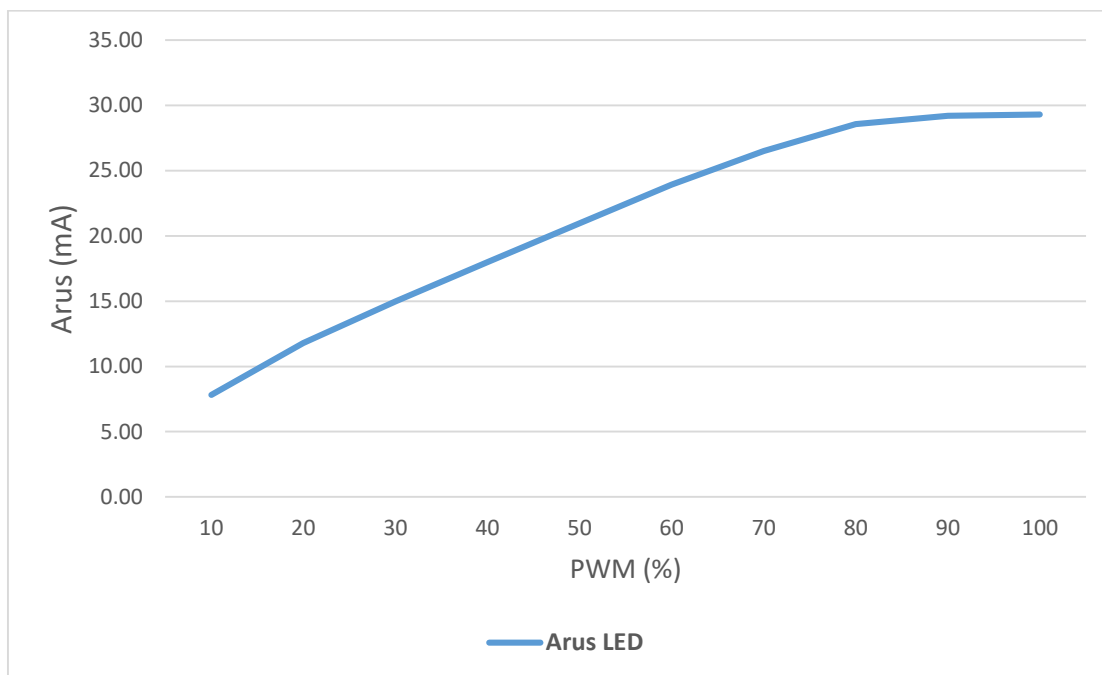
Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan efisiensi dengan melakukan pengukuran menggunakan multimeter yang dilakukan untuk mendapatkan I_{in} , V_{LED} , I_{LED} , V_{out} , pada masukan V_{in} 48V dengan PWM yang berubah sesuai kebutuhan cahaya yang dibutuhkan.

Tabel 4.2
Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan Efisiensi Lampu Bohlam LED DC

Hasil Pengukuran									
PWM	V _{in} (V)	I _{in} (mA)	P _{in} (W)	V _{LED} (V)	I _{LED} (mA)	V _{out} (V)	P _{out} (W)	Lux LED (LUX)	Effisiensi (%)
10	48	2,08	0,09984	7,87	7,83	8,02	0,0627966	9,17	62,9
20	48	3,09	0,14832	8,23	11,78	8,34	0,0982952	10,94	66,3
30	48	3,91	0,18768	8,46	14,98	8,66	0,1297268	12,71	69,1
40	48	4,68	0,22464	8,58	18	8,78	0,15804	14,48	70,3
50	48	5,43	0,26046	8,86	20,95	8,98	0,188131	16,25	72,2
60	48	6,2	0,2976	9,03	23,92	9,33	0,223136	18,02	75
70	48	6,82	0,32736	9,19	26,51	9,5	0,251845	19,79	77
80	48	7,32	0,35136	9,23	28,56	9,65	0,275604	21,56	78,4
90	48	7,49	0,35952	9,26	29,20	9,72	0,283824	23,33	79
100	48	7,49	0,35952	9,6	29,30	9,8	0,28714	25	80

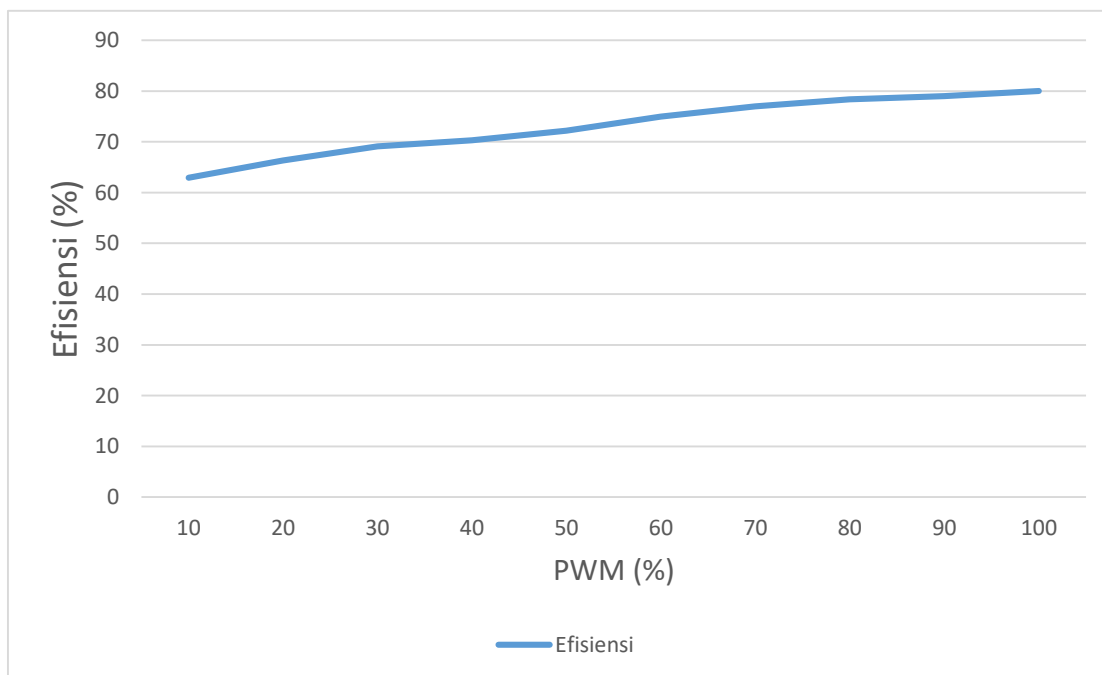
Pada Tabel 4.2 catu tegangan DC yang diberikan tetap sebesar 48V. PWM yang diberikan diubah-ubah sehingga menghasilkan efisiensi yang berbeda-beda. Pada PWM terkecil sebesar 10 % yang menghasilkan efisiensi sebesar 62,9 %, sedangkan pada PWM terbesar yaitu 100 % yang menghasilkan efisiensi sebesar 80 %. Besarnya PWM yang diberikan akan mempengaruhi nilai arus dan daya yang dibutuhkan. Pada PWM terkecil 10 % akan menghasilkan I_{LED} sebesar 7,83 mA, P_{IN} sebesar 0,9984 W dan P_{OUT} sebesar 0,062966 W, sedangkan pada PWM terbesar yaitu 100 % akan menghasilkan I_{LED} sebesar 29,30 mA, P_{IN} sebesar 0,35952 W dan P_{OUT} sebesar 0,28714 W. Berdasarkan Tabel 4.1,

maka dapat dibuat grafik hubungan antara arus LED dan nilai PWM yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, serta grafik hubungan antara efisiensi daya dan nilai PWM yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Arus LED Terhadap PWM

Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat bahwa perubahan PWM mempengaruhi nilai arus LED, dimana semakin besar nilai PWM maka semakin besar juga arus LEDnya.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Efisiensi Terhadap PWM

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa perubahan PWM mempengaruhi nilai efisiensi, dimana semakin besar nilai PWM maka semakin besar juga efisiensinya.

4.4.2 Pengujian Suhu

Untuk pengujian suhu perangkat lampu bohlam DC ini menggunakan termometer infra merah yaitu merupakan alat pengukur suhu yang menggunakan laser berbentuk seperti pistol dengan berat kurang lebih 1 kilogram. Spesifikasi alat ini memiliki *measurement range* -32°C sampai 330°C atau $-26^{\circ}\text{F} \sim 626^{\circ}\text{F}$ dan memiliki tingkat akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C} / \pm 2\%$. Gambar termometer infra merah dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.9 Thermometer Infrared

Sumber: www.pinterest.com

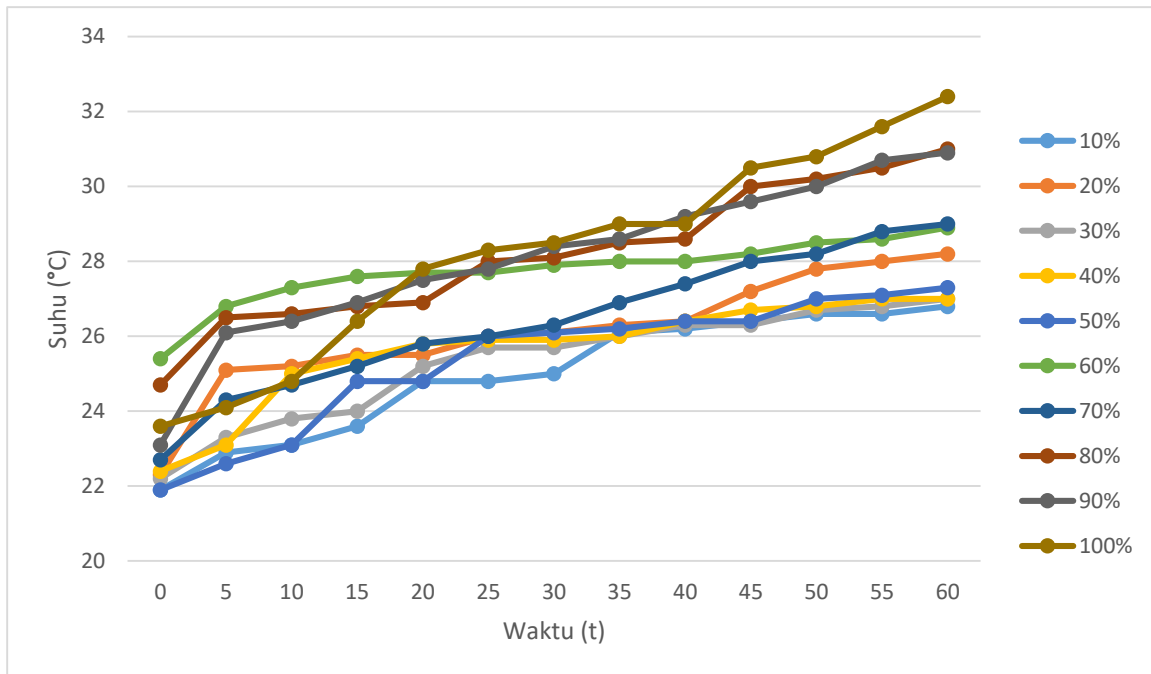
Untuk suhu LED *junction* maksimum telah dijelaskan pada *homepage* EPISTAR adalah 85°C dan agar LED dapat berumur panjang sebaiknya suhu yang terukur kurang dari suhu maksimum tersebut (Epistar, 2011) begitupun juga untuk IC LT3590 (Linear, 2008).

Tabel 4.3

Hasil Pengukuran Suhu Pada PCB dan LED Array Menggunakan Thermometer Infra Merah

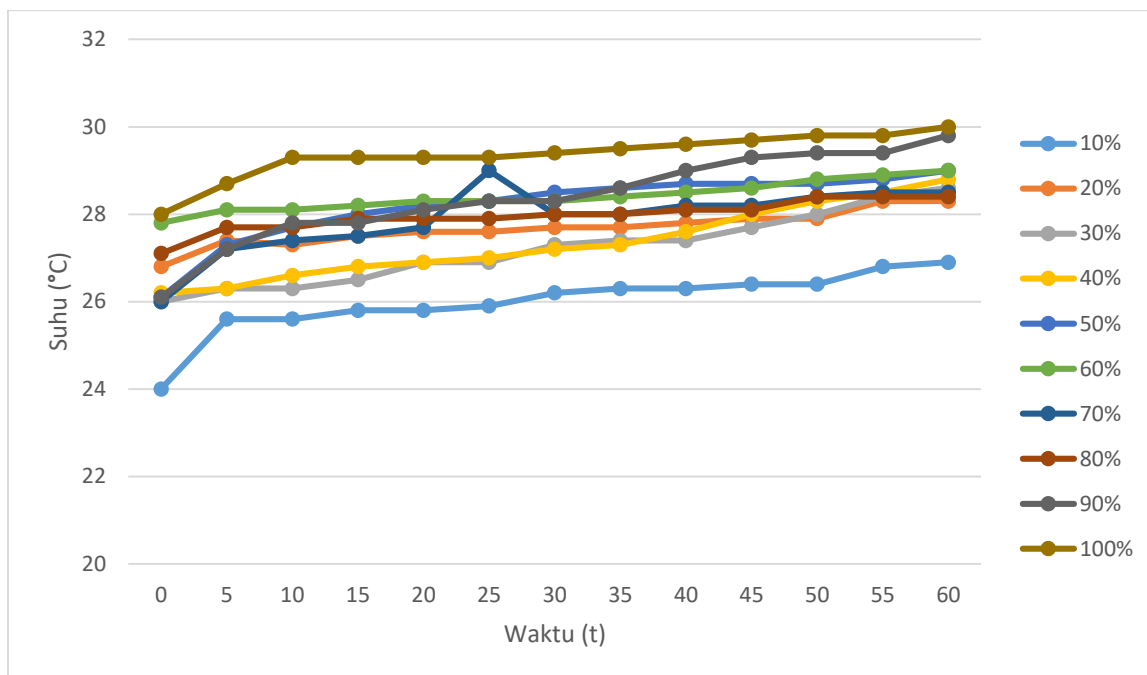
t (Menit)	Suhu (°C)																			
	PWM 10%		PWM 20%		PWM 30%		PWM 40%		PWM 50%		PWM 60%		PWM 70%		PWM 80%		PWM 90%		PWM 100%	
	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array	PCB	LED Array
0	21.9	24	22.3	26.8	22.2	26	22.4	26.2	21.9	26.1	25.4	27.8	22.7	26	24.7	27.1	23.1	26.1	23.6	28
5	22.9	25.6	25.1	27.4	23.3	26.3	23.1	26.3	22.6	27.3	26.8	28.1	24.3	27.2	26.5	27.7	26.1	27.2	24.1	28.7
10	23.1	25.6	25.2	27.3	23.8	26.3	25	26.6	23.1	27.7	27.3	28.1	24.7	27.4	26.6	27.7	26.4	27.8	24.8	29.3
15	23.6	25.8	25.5	27.5	24	26.5	25.4	26.8	24.8	28	27.6	28.2	25.2	27.5	26.8	27.9	26.9	27.8	26.4	29.3
20	24.8	25.8	25.5	27.6	25.2	26.9	25.8	26.9	24.8	28.2	27.7	28.3	25.8	27.7	26.9	27.9	27.5	28.1	27.8	29.3
25	24.8	25.9	26	27.6	25.7	26.9	25.9	27	26	28.3	27.7	28.3	26	29	28	27.9	27.8	28.3	28.3	29.3
30	25	26.2	26.1	27.7	25.7	27.3	25.9	27.2	26.1	28.5	27.9	28.3	26.3	28	28.1	28	28.4	28.3	28.5	29.4
35	26.1	26.3	26.3	27.7	26	27.4	26	27.3	26.2	28.6	28	28.4	26.9	28	28.5	28	28.6	28.6	29	29.5
40	26.2	26.3	26.4	27.8	26.3	27.4	26.4	27.6	26.4	28.7	28	28.5	27.4	28.2	28.6	28.1	29.2	29	29	29.6
45	26.4	26.4	27.2	27.9	26.3	27.7	26.7	28	26.4	28.7	28.2	28.6	28	28.2	30	28.1	29.6	29.3	30.5	29.7
50	26.6	26.4	27.8	27.9	26.7	28	26.8	28.3	27	28.7	28.5	28.8	28.2	28.4	30.2	28.4	30	29.4	30.8	29.8
55	26.6	26.8	28	28.3	26.8	28.4	27	28.5	27.1	28.8	28.6	28.9	28.8	28.5	30.5	28.4	30.7	29.4	31.6	29.8
60	26.8	26.9	28.2	28.3	27	28.6	27	28.8	27.3	29	28.9	29	29	28.5	31	28.4	30.9	29.8	32.4	30

Pada tabel hasil pengukuran suhu di atas, didapatkan suhu berada dibawah 85°C dan pengukuran suhu tersebut berada pada suhu ruangan sebesar 23.6°C . Berdasarkan Tabel 4.3, maka dapat dibuat grafik hubungan antara suhu *Board IC* dan *LED Array* dengan waktu, yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10 dan 4.11 berikut ini:



Gambar 4.10 Grafik hubungan Suhu terhadap Waktu Pada IC PCB

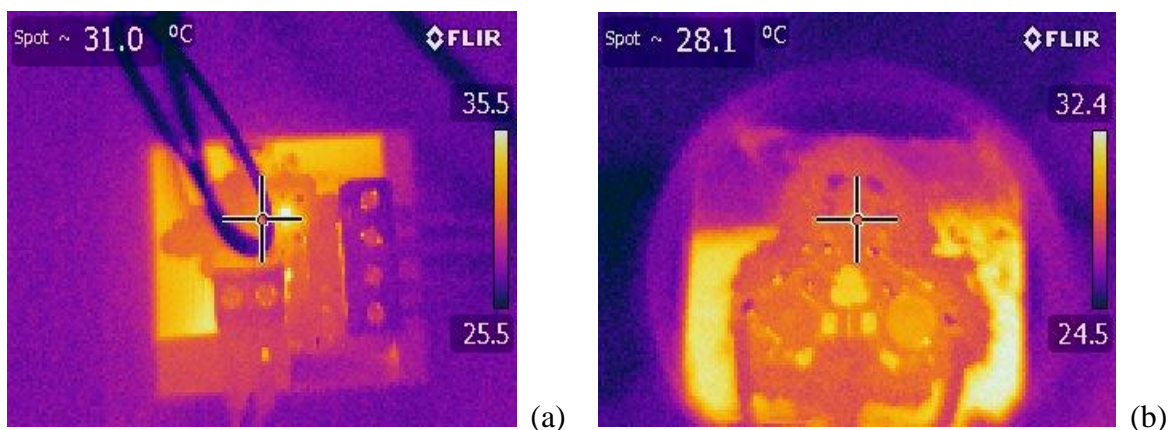
Berdasarkan gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa, setiap pergantian menit dan pergantian besar PWM yang diberikan tidak mengalami kenaikan suhu yang jauh berbeda, nilai suhu pada menit – menit awal (0 – 10) mempunyai nilai dengan rata – rata sebesar $23,34^{\circ}\text{C}$, kemudian untuk nilai suhu pada menit – menit akhir (50 – 60) mempunyai nilai dengan rata – rata sebesar $28,56^{\circ}\text{C}$ dan untuk suhu terbesar mencapai $32,4^{\circ}\text{C}$ pada menit ke 60 dengan PWM 100 %. Jadi untuk IC LT3590 dapat berumur panjang, dikarenakan hasil suhu yang dicapai masih di batas aman, karena suhu maksimalnya mencapai 85°C .



Gambar 4.11 Grafik hubungan Suhu terhadap Waktu Pada LED Array

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa, setiap pergantian menit dan pergantian besar PWM yang diberikan tidak mengalami kenaikan suhu yang jauh berbeda, nilai suhu pada menit – menit awal (0 – 10) mempunyai nilai dengan rata – rata sebesar $26,99^{\circ}\text{C}$, kemudian untuk nilai suhu pada menit – menit akhir (50 – 60) mempunyai nilai dengan rata – rata sebesar $28,57^{\circ}\text{C}$ dan untuk suhu terbesar mencapai $30,9^{\circ}\text{C}$ pada menit ke 60 dengan PWM 100 %. Jadi untuk LED Array dapat berumur panjang, dikarenakan hasil suhu yang dicapai masih di batas aman, karena suhu maksimalnya mencapai 85°C .

Kegiatan pengukuran tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.12 berikut ini:



Gambar 4.12 Pengujian Suhu

(a) Pengukuran Suhu pada Board IC LT3590

(b) Pengukuran Suhu pada Board LED Array

Gambar di atas merupakan gambar dari pengukuran suhu menggunakan *Thermometer Infrared*. Pada gambar (a) merupakan pengukuran suhu pada board IC LT3590, terlihat pada gambar menunjukkan warna kemerah – merahan, di situ menunjukkan bahwa terdapat bagian panas yang terdeteksi oleh *Thermometer Infrared* dan pada gambar tersebut pada bagian pojok kiri atas terdapat suhu yang terukur oleh *Thermometer Infrared*. Begitupun pada gambar (b) terlihat warna kemerah – merahan dan pada bagian pojok kiri atas adalah suhu yang terukur oleh *Thermometer Infrared* tersebut. Dengan suhu di atas keadaan LED dan IC LT3590 berada pada tingkat yang aman sehingga dapat berumur panjang.

4.4.3 Pengujian Tingkat Terang

Pada pengujian tingkat terang ini menggunakan alat lux meter terlebih dahulu. Setelah mendapatkan data menggunakan alat ukur ini yaitu dalam lm/m^2 maka dapat mencari *luminous efficacy* dengan menggunakan beberapa persamaan berikut

$$\text{Luas bola} = 4 \pi r^2 \dots\dots\dots(4-4)$$

$$1\text{lux} = \frac{\text{lumens}}{\text{m}^2} \dots\dots\dots(4-5)$$

$$\text{Luminous efficacy} = \frac{\text{lumens}}{\text{Watt}} \dots\dots\dots(4-6)$$

Untuk menghitung *luminous efficacy* perlu juga diketahui intensitas cahaya dengan menggunakan lux meter yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut:



Gambar 4.13 Lux Meter

Jarak antara lampu dengan luxmeter ditentukan dengan rumus berikut:

$$F_{\text{total}} = \frac{E \times A}{K_p \times K_d} \dots\dots\dots(4-7)$$

Dengan,

F_{total} = *luminous flux* total yang menerangi bidang kerja

E = kuat pencahayaan (*lux*)

A = luas bidang kerja

K_p = faktor penggunaan

K_d = koefisien rugi cahaya

Dengan menentukan F_{total} sebesar 240 lumen yang merupakan *luminous flux* yang didapatkan pada spesifikasi lampu awal (untuk 3 buah LED saja), kuat penerangan sebesar 100 lux (kuat pencahayaan rata – rata yang dibuthkan untuk detail tertentu yang ditunjukkan pada tabel 2.2) dengan koefisien rugi cahaya sebesar 0,8 (SNI, 2001) dan faktor penggunaan merata sebesar 0,5 (Muhaimin, 2001). Didapatkan luas bidang sebesar 0,96m². Untuk memudahkan perhitungan jarak ditentkan dengan mengetahui sisi persegi yang didapatkan hasil sebesar 0.97m atau mendekati 1 meter. Pada jarak tersebut didapatkan intensitas cahaya sebesar 25 lux. Dengan data ini dan dihitung menggunakan persamaan yang ada maka didapatkan *luminous efficacy* seperti pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4
Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Cahaya

No	Jarak (m)	Kuat Pencahayaan (Lux)	PWM (%)	Vin (V)	Iin (mA)	Pin (W)	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)
1	1	9,17	10	48	2,08	0,09984	8,45	84,64
2	1	10,94	20	48	3,09	0,14832	10,08	67,97
3	1	12,71	30	48	3,91	0,18768	11,71	62,41
4	1	14,48	40	48	4,68	0,22464	13,34	51,2
5	1	16,25	50	48	5,43	0,26046	14,97	57,45
6	1	18,02	60	48	6,2	0,2976	16,60	55,80
7	1	19,79	70	48	6,82	0,32736	18,23	55,71
8	1	21,56	80	48	7,32	0,35136	19,86	56,55
9	1	23,33	90	48	7,49	0,35952	21,50	59,80
10	1	25	100	48	7,49	0,35952	23,04	64,08

Dengan melakukan perhitungan seperti yang ditunjukkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa lampu bohlam LED ini telah memenuhi kriteria kebutuhan minimum penerangan dalam ruangan suatu rumah.

Untuk menentukan berapa banyak lampu yang dibutuhkan dalam suatu ruangan dapat menggunakan rumus faktor utilisasi berikut (Wijaya, 2018) :

$$N = \frac{(1.25 \times E \times L \times W)}{(k\Phi \times \eta_{LB} \times \eta_R)} \dots\dots\dots(4-8)$$

Dengan,

- N = Jumlah Armature
 1.25 = Faktor Perencanaan
 E = Intensitas Penerangan (Lux)
 W = Lebar Ruangan (m)
 L = Panjang Ruangan (m)
 Φ = Flux Cahaya (lm)
 η_{LB} = Efisiensi Armature (%)
 η_R = Faktor Utilisasi Ruangan (%)

Flux cahaya sendiri dapat diketahui melalui rumus berikut :

$$\Phi = W \times \frac{L}{w} \dots\dots\dots(4-9)$$

Dengan,

- Φ = Flux Cahaya (lm)
 W = Daya Lampu (watt)
 $\frac{L}{w}$ = Luminous Efficacy Lamp (Lumen/watt)

Beberapa data tersebut di atas dapat dilihat pada catalog (kardus) lampu.

Faktor Ruangan (k) dapat diketahui dari data dimensi ruangan, rumusnta sebagai berikut :

$$k = \frac{A \times B}{h (A+B)} \dots\dots\dots(4-10)$$

Dengan,

- A = Lebar Ruangan (m)
 B = Panjang Ruangan (m)

H = Tinggi Ruangan (m)

h = H – 0.85 (m)

Contoh perhitungan:

Diketahui:

L = 3 m

W = 3 m

E = 100 Lux

H = 3 m

h = 2.15 m

Φ = 240 lm

η LB = 0.58

η R = 0.91

Ditanya : N = ?

Jawab =

$$k = \frac{3 \times 3}{2.15 (3+3)}$$

$$k = 0.6976 \text{ m}$$

$$N = \frac{(1.25 \times 100 \times 3 \times 3)}{(0.6976 \times 240 \times 0.58 \times 0.91)}$$

$$N = 12.731$$

Pembulatan menjadi N = 13 lampu

Jika mencari daya yang dibutuhkan ialah :

$$\begin{aligned} P &= 13 \times 0.35952 \\ &= 4.67376 \text{ W} \end{aligned}$$

Jadi untuk luas ruangan sebesar 3m² dengan ketentuan besar lux ruangan sebesar 100 lux, maka lampu yang dibutuhkan sebanyak 13 buah lampu dengan daya yang dibutuhkan sebesar 4.67376 watt.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian dari alat yang dibuat didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Pada lampu bohlam yang telah didesain tersebut, pada PWM sebesar 10 % dapat menghasilkan efisiensi sebesar 62,9 %, sedangkan pada PWM 20 % dapat menghasilkan efisiensi sebesar 66,3 % dan pada PWM 100 % dapat menghasilkan efisiensi sebesar 80 %. Jadi nilai efisiensi yang di dapat akan terus naik secara *linear*, mulai dari 62,9 % hingga 80 % dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar PWM yang diberikan maka semakin besar juga efisiensi daya yang didapatkan.
2. Pada lampu bohlam yang telah didesain tersebut, pada PWM 100 % yang mendapatkan efisiensi daya sebesar 80 %. Karena nilai efisiensi akan naik secara *linear*, mulai dari PWM 10 % dengan nilai efisiensi sebesar 62,9 % hingga PWM 100 % dengan nilai efisiensi sebesar 80 %.

5.2 Saran

Dari penelitian ini terdapat beberapa saran yang perlu dilakukan untuk menambah pengetahuan mengenai lampu bohlam LED menggunakan IC LT3590 diantaranya:

1. Menambahkan rangkaian pengaman arus lebih, dikarenakan IC LT3590 sangat sensitif terhadap arus lebih.
2. Merancang desain *board* IC LT3590 dengan mempertimbangkan saat *troubleshooting*, agar lebih mudah dan cepat menemukan kesalahan.
3. Mempertimbangkan desain mekanik agar hasil lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

INTERNET

- Anonim. Stack Exchange. Diakses pada tanggal 19 Januari 2019 dari <https://electronics.stackexchange.com/questions/317568/can-you-continuously-flash-a-high-power-LED-bulb-or-will-it-break/>
- Anonim. Arduino Nano. Diakses pada tanggal 20 Februari 2019 dari <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>
- Anonim. Kutub Polaritas Pada LED. Diakses pada tanggal 15 Januari 2019 dari <https://aozon.blospot.com/2014/03/kutub-polaritas-pada-LED.html>.
- Anonim. Lampu Utama Elektrik. Diakses pada tanggal 5 Desember 2018 dari <https://lampuutama.blospot.com/2016/11/pengertian-lampu-dan-jenis-jenis-lampu.html>.
- Anonim. 48V Buck Mode LED Driver in SC70 and 2mm x 2mm DFN. Diakses pada tanggal 8 Agustus 2019 dari <https://www.pinterest.com/pin/112730796893179358/>
- Anonim. Epistar LAB. Diakses pada tanggal 5 Desember 2018 dari http://www.epistar.com.tw/_english/04_pr/02_detail.php?SID=29
Columnnea. *Tokopedia*. Retrieved from Tokopedia: <https://www.tokopedia.com/columnnea/lampu-LED-emergency-5-watt-mitsuyama-lampu-bohlam-LED-kabel-usb-1-5m>
- Dain. Dantainformant. Diakses pada tanggal 20 Januari 2019 dari <https://dantainformant.blogspot.com/2017/07/pengertian-dioda-fungsi-prinsip-kerja-dan-jenis-dioda.html>
- Dwi, B. High Power LED. Diakses pada tanggal 1 Februari 2019 dari <https://penetasaviamax.blogspot.com/p/blog-page26.html>
- Epistar. Epistar LAB. Diakses pada tanggal 2 Februari 2019 dari http://www.epistar.com.tw/_english/04_pr/02_detail.php?SID=29
- J.W, V.G. Color Temperature. Diakses pada tanggal 3 Februari 2019 dari <http://www.handprint.com/HP/WCL/color12.html>
- Mybotic. LDR Sensor Modul Interface With Arduino. Diakses pada tanggal 15 Februari 2019 dari <https://www.instructables.com/id/LDR-Sensor-Module-Users-Manual-V10/>
- Mazped. Macam – macam jenis LED. <http://mazpedia.com/2014/09/25/mengenal-jenis-jenis-LED-part-1-dip/>

Pinterest. Pinterest. Diakses pada tanggal 8 Agustus 2019 dari <https://www.pinterest.com/pin/112730796893179358/>
 Prabowo, B. Kompasiana. <https://www.kompasiana.com/briliano/550f30e9813311fe32bc5ff4/LED-light-emitting-diode-untuk-lampu-generasi-baru>

Pxhere. Pxhere. Diakses pada tanggal 5 Desember 2018 dari <https://pxhere.com/photo/166116>

SNI. Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung. Academia. Diakses pada tanggal 17 Februari 2019 dari https://academia.edu/36439986/Tugas_utilitas_pencahayaan

Utomo, Y.W. DC House. Diakses pada tanggal 19 Januari 2019 dari <https://sains.kompas.com/read/2011/10/19/23525544/.DC/House.Karya.Ilmuan.Indonesia>

Wijaya. Cara Menghitung Penerangan Pada Suatu Ruangan. Diakses pada tanggal 10 September 2019 dari <https://wijayaelektrik.com/blog/53-Cara-Menghitung-Penerangan-Pada-Suatu-Ruangan.html>

Wikipedia. Switch-Mode Power Supply. Diakses pada tanggal 7 Maret 2019 dari https://en.wikipedia.org/wiki/switched_mode_power_supply

SKRIPSI

Handayari, Yosi Dwi. Rancang Bangun Lampu Bohlam DC Menggunakan LED Untuk Sistem Rumah DC. 2012.

JURNAL

Riwi1403. (2010). *Bab 2 Dasar Teori*. Scribd. Diakses pada tanggal 16 Februari 2019 dari <https://www.scribd.com/doc/33454045/Bab-II-Dasar-Teori>

Technologi, Linear (2018). *48V Buck Mode LED Driver in SC70 and 2mm x 2mm DFN*. Diakses pada tanggal 15 Februari 2019 dari <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/3590f.pdf>

BUKU

Cabaj, M. (2011). *DC House Model Design and Construction*. Senior Project.

Chaidez, J.E. (2011). *DC House Modeling and System Design*. Senior Project.

Dolant, T.A. (2011). *Advanced Power Electronics EE411*.

Liang,K. (2012). *Design of DC Light Bulb for the DC House Project*. Kent Liang.

Muhaimin. (2001). *Teknologi Pencahayaan*. PT. Refika Aditama.

LAMPIRAN

Perbandingan Lampu Bohlam LED

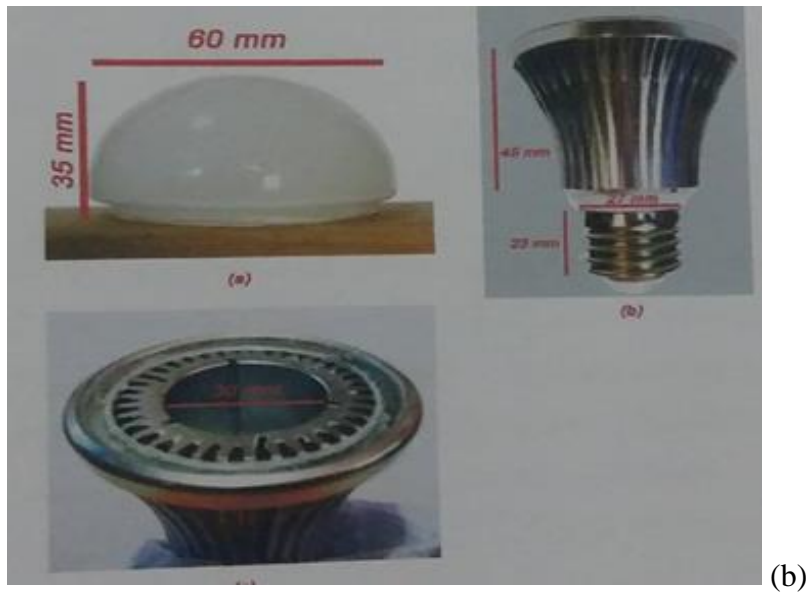
1. Lampu Bohlam SMD Merk Mitsuyama (Columnea, 2019)



2. Lampu Bohlam HPL Merk Royal (Handari, 2012)



(a)



Spesifikasi Lampu Royal 12VDC

Ukuran Fitting lampu : E27 (ukuran umum yang digunakan di Indonesia)

Material : *Aluminum Alloy + glass cover*

Tegangan Input : DC12V

Konsumsi Daya : 5Watt

Jumlah LED : 5 buah LED (chip: EPISTAR)

Luminous Flux : 400lm

Color Temperature : 6000 - 6500K (Pure White=Putih Terang)

Sudut penyinaran : 180 derajat

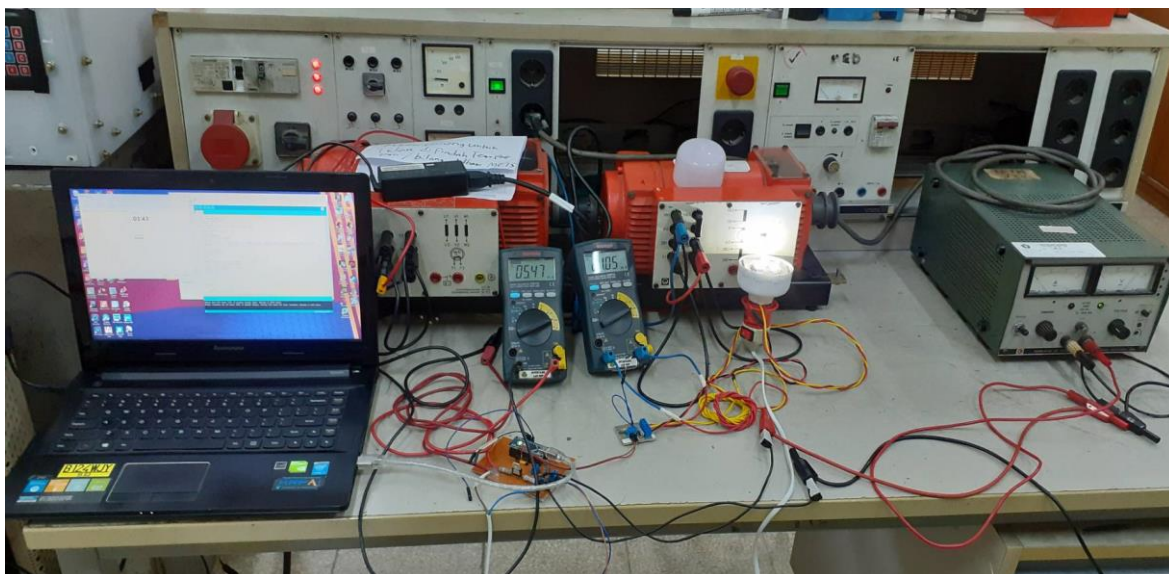
Lifetime : 50.000 jam

Berat bersih : 125g

Dimensi : diameter 60 mm, panjang 114 mm

Dokumentasi Pengujian

1. Pengujian Efisiensi Daya



2. Pengujian Suhu



(a)



(b)

Listing Program

```

#include <string.h>
#define STANDARD_RUANG 100
volatile byte state = LOW;
int T_Reset = 0;
float duty_cycle = 90.0; //
int calc_buf;
int period = 45536; // 100 Hz
int ADC_Val = 0;
float LDR_Resistance;
float volt = 0.0, lux, lux_diff;
char str[255];
int mode = 0; //
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  TCCR1A = 0;
  TCCR1B = 0;
  TIMSK1 = (TIMSK1 & B11111000) | 0x03;
  TCCR1B = (TCCR1B & B11111000) | 0x02;
  TCNT1H = period >> 8;
  TCNT1L = period & 0xFF;
  OCR1A = 128;
  digitalWrite(4, LOW);
}

void loop()
{
  if(mode == 0)
  {
    ADC_Val = analogRead(A0);
    volt = ADC_Val*4.97/1023;
    LDR_Resistance = volt*10000.0/(5.0-volt);
    // lux = (-1.9)*LDR_Resistance + 2435.07;
    // lux = (LDR_Resistance - 6459.4491)/(-7.6);
    lux = (-0.13)*LDR_Resistance + 842.84;
    if(lux < 0)
    {
      lux = 0;
    }
  }
}

```

```

lux_diff = ((float)STANDARD_RUANG) - lux;
if(lux_diff > 7.4)
{
    duty_cycle = lux_diff - 7.4;
    duty_cycle = duty_cycle/0.177;
    if(duty_cycle > 100)
    {
        duty_cycle = 100;
    }
    else if(duty_cycle < 0)
    {
        duty_cycle = 0;
    }
}
else
{
    lux_diff = 0;
    duty_cycle = 0;
}
calc_buf = 45536 + (20000 - (duty_cycle*20000/100) + 1);
OCR1AH = calc_buf >> 8;
OCR1AL = calc_buf & 0xFF;
sprintf(str,"ADC_ Val = %d volt = %d.%02d LDR_Resist = %d Duty Cycle =
%d.%02d Lux LDR = %d.%02d", ADC_Val, (int)volt,(int)(volt*100)%100,
(int)LDR_Resistance,(int)duty_cycle,(int)(duty_cycle*100)%100,(int)lux,(int)(lux*100)
%100);
Serial.print(str);
Serial.print("\n");
delay(100);
}
else if(mode == 1)
{
//    duty_cycle = 10; // IKI DIGANTI - GANTI MAS
calc_buf = 45536 + (20000 - (duty_cycle*20000/100) + 1);
OCR1AH = (int)(calc_buf) >> 8;
OCR1AL = (int)(calc_buf) & 0xFF;
lux_diff = (duty_cycle*0.177)+7.4;
lux = ((float)STANDARD_RUANG) - lux_diff;
LDR_Resistance = (lux - 842.84)/(-0.13);
volt = ((float)LDR_Resistance)/(((float)LDR_Resistance) + 10000.0)*5.0;
sprintf(str,"volt = %d.%02d LDR_Resist = %d Duty Cycle = %d.%02d Lux LDR =
%d.%02dcalc_buf = %f", (int)volt,(int)(volt*100)%100,
(int)LDR_Resistance,(int)duty_cycle,(int)(duty_cycle*100)%100,(int)lux,(int)(lux*100)
%100, calc_buf);

```

```
    Serial.print(str);
    Serial.print("\n");
    delay(100);
  }
}

ISR(TIMER1_COMPA_vect){
  state = HIGH;
  digitalWrite(4, state);
}

ISR(TIMER1_OVF_vect){
  state = LOW;
  TCNT1H = period >> 8;
  TCNT1L = period & 0xFF;
  digitalWrite(4, state);
}
```

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT selalu tercurahkan karena hanya dengan rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya skripsi yang berjudul **"Rancang Bangun Lampu Bohlam Menggunakan *High Power LED (HPL)*"** dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW sebagai suri tauladan terbaik sepanjang masa. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Disadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini disampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Hadi Suyono, ST., M.T., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing 2 skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
3. Ibu Rahmadwati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku KKJF Konsentrasi Teknik Energi Elektrik dan selaku dosen pembimbing 1 skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
5. Bapak Ir. Wijono, MT., Ph.D selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam perkuliahan selama ini.
6. Orang tua tercinta, Didik Tandiono Manu dan Ibu Indyah Aryani yang senantiasa mendoakan, memberikan nasihat, semangat, dan dukungannya selama ini.
7. Kakak Dicky Hageng Albarqy, Adik Aulia Nur Fahmi dan Soraya Hafidzah Rambe yang selalu memotivasi, memberi semangat, dan mendoakan hingga sejauh ini.
8. Bapak Indra Setyawan, S.ST. sebagai Laboran di Laboratorium Mesin Elektrik atas semua fasilitas dan dukungan dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi.

9. Reyhan Rifqi Ihsan yang telah banyak membantu dan memberi saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman asisten Laboratorium Robotika angkatan 2015 serta asisten laboratorium angkatan 2013, 2014, 2016 dan angkatan 2017 yang telah menemani sewaktu perkuliahan dan memberikan semangat untuk mengerjakan skripsi.
11. Keluarga besar Konsentrasi Teknik Energi Elektrik Power '15, Servo'15, dan teman seperjuangan skripsi yang telah menemani dan saling mendukung selama menjalani perkuliahan.
12. Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Sekiranya Allah SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, disadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, 17 Desember 2019

Penulis

RINGKASAN

Aulia Adi Chandra, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2019, *Rancang Bangun Lampu Bohlam Menggunakan High Power LED (HPL)*, Dosen Pembimbing : Rini Nur Hasanah dan Nurussa'adah.

Dengan meningkatnya populasi manusia, maka kebutuhan listrik semakin lama semakin meningkat. Hal ini menyebabkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan untuk kebutuhan listrik jangka panjang. Teknologi yang tengah dikembangkan saat ini adalah sistem Rumah DC. Dengan memanfaatkan sumber daya alam terbarukan di sekitar rumah dapat menghasilkan listrik sendiri untuk kebutuhan rumah tersebut. Dengan dikembangkannya sistem Rumah DC ini akan berdampak banyak pada sisi pengguna dan pihak PLN, dikarenakan tidak perlunya melakukan pengkonversian dari arus AC ke DC, karena dalam pengkonversian tersebut terjadi rugi – rugi daya, dan tentu peralatan elektronik akan jauh lebih murah harganya jika tidak perlu melakukan pengkonversian tersebut. Karena sumber daya terbarukan tidak selalu tersedia setiap saat (seperti angin dan matahari), maka hanya sedikit daya yang dapat dibangkitkan. Jadi kita harus melakukan pengkajian peralatan di rumah agar dapat bekerja optimal dengan menggunakan daya yang kecil ini. Salah satu hal yang penting dalam suatu rumah yang dapat dilakukan pengkajian lagi adalah lampu untuk penerangan.

Dengan menggunakan *High Power LED (HPL)* dapat dihasilkan penerangan optimal dengan konsumsi daya yang kecil. Akan tetapi HPL membutuhkan *LED Driver* untuk mengaktifkannya dan *Heatsink* untuk mengantisipasi panas tinggi yang dihasilkan HPL. Pada penelitian ini digunakan LT3590 sebagai *LED Driver* kemudian menggunakan Arduino Nano sebagai Mikrokontrolernya dan juga sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) sebagai sensor cahaya. Perbedaan penelitian kali ini dengan sebelumnya adalah untuk penelitian kali ini kita juga mempertimbangkan seberapa besar cahaya yang masuk dalam ruangan, agar HPL menyala sesuai yang dibutuhkan dan juga lebih menghemat daya yang dibutuhkan.

Dengan hasil uji labolatorium, lampu berdaya 3 Watt dapat menghasilkan efisiensi lebih besar sama dengan 80% dengan *luminous efficacy* sebesar antara 30 – 90 lm/W. Hal ini menunjukkan dengan kita mempertimbangkan cahaya yang memasuki ruangan, lampu ini bisa lebih menghemat energi dan dapat menerangi ruangan dengan daya kecil.

Kata kunci— Rumah DC, Lampu HPL, LT3590, Arduino Nano, Sensor LDR.

SUMMARY

Aulia Adi Chandra, *Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Brawijaya University, Oktober 2019, **Design and Build Bulb Lights Using High Power LED (HPL)**, Academic Supervisor: Rini Nur Hasanah dan Nurussa'adah.*

With the increase in human population, the electricity demand is increasing. This causes the availability of fossil fuels increasingly thinning. Therefore, it needs to be considered for long-term electricity needs. The technology currently being developed is the DC Home system. By utilizing renewable natural resources around the house can generate electricity for their own needs. With the development of the DC House system, this will have a lot of impact on the users and the PLN side, because there is no need to convert from AC to DC currents, because in this conversion power losses occur, and of course electronic equipment will be much cheaper in price if there is no need to do the conversion. Because renewable resources are not always available at all times (such as wind and sun), only a small amount of power can be generated. So we have to do an assessment of the equipment at home so that it can work optimally using this little power. One of the important things in a house that can be reassessed is lighting for lighting.

By using High Power LED (HPL), optimal lighting can be produced with a small power consumption. However, HPL requires an LED Driver to activate it and Heatsink to anticipate the high heat generated by HPL. In this study LT3590 is used as an LED Driver and then uses the Arduino Nano as its Microcontroller and also the LDR sensor (Light Dependent Resistor) as a light sensor. The difference between this research and the previous one is that for this research, we also consider how much light enters the room, so that HPL lights up as needed and also saves more power needed.

With the laboratory test results, a 3 Watt powered lamp can produce greater efficiency equal to 80% with luminous efficacy of between 30-90 lm / W. This shows that by considering the light entering the room, this lamp can save more energy and can illuminate the room with little power.

Keywords— DC House, HPL Lamp, LT3590, Arduino Nano, LDR Sensor.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
RINGKASAN.....	iii
SUMMARY.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Lampu Bohlam.....	5
2.2 LED (<i>Light Emitting Diode</i>).....	5
2.2.1. Karakteristik Dioda.....	5
2.2.2. Karakteristik LED.....	6
2.3 Sistem Rumah DC	13
2.4 <i>Switched Mode Power Supply</i> (SMPS)	15
2.5 DC – DC <i>Buck</i> Konverter	15
2.6 Arduino Nano.....	16
2.7 Modul Sensor.....	18
2.8 IC LT3590.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Obyek Penelitian	21
3.2 Studi Literatur.....	21
3.3 Perancangan Alat.....	21
3.3.1 Perancangan Alat.....	21
3.3.1.1 Perancangan Desain Elektrik.....	21
3.3.1.2 Perancangan Desain Luminasi.....	22

3.3.1.3	Perancangan Desain Fisik.....	22
3.3.1.4	Perancangan Desain Konstruksi.....	22
3.3.2	Merancang Alat.....	22
3.3.3	Pembuatan Alat.....	23
3.3.3.1	Rangkaian LED.....	23
3.3.3.2	LED <i>Driver</i> dan LED <i>Array</i>	24
3.3.3.3	Perangkat Keras.....	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1	Diagram Blok.....	27
4.1.1	Pembuatan Alat.....	27
4.2	Led <i>Array</i>	27
4.3	LED <i>Driver</i>	29
4.4	Pengujian.....	33
4.4.1	Pengujian Efisiensi.....	33
4.4.2	Pengujian Suhu.....	37
4.4.3	Pengujian Tingkat Terang.....	41
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47
	DAFTAR PUSTAKA.....	49
	LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Lampu Bohlam.....	5
Gambar 2. 2	Bentuk Fisik Dioda dan Simbol Beserta Polaritasnya.....	6
Gambar 2. 3	Bentuk Fisik LED dan Simbol Beserta Polaritasnya.....	7
Gambar 2. 4	<i>High Power LED</i>	8
Gambar 2. 5	Grafik <i>Luminous Efficacy</i> yang Diperhitungkan.....	10
Gambar 2. 6	Diagram Block Sistem Desain Rumah DC.....	14
Gambar 2. 7	Grafik Efisiensi Sistem Tegangan Bus Utama.....	15
Gambar 2. 8	Skema Rangkaian <i>Buck Converter</i> dalam Keadaan <i>ON</i> dan <i>OFF</i>	16
Gambar 2. 9	Modul Board Arduino Nano.....	17
Gambar 2. 10	Modul Sensor LDR.....	18
Gambar 2. 11	Diagram Blok IC LT3590	20
Gambar 3. 1	Diagram Blok Rangkaian.....	22
Gambar 3. 2	Dimensi Lampu Bohlam LED DC.....	24
Gambar 3. 3	Flowchart Prinsip Kerja Rangkaian.....	25
Gambar 4. 1	Desain Fisik dan Skematik <i>Board LED</i>	28
Gambar 4. 2	Skematik LED <i>Driver</i> pada 48V <i>Buck Mode LED Driver</i>	29
Gambar 4. 3	Grafik Arus ILED.....	31
Gambar 4. 4	Desain Skematik untuk Lampu Bohlam DC.....	32
Gambar 4. 5	Desain PCB 2 layer dan Rangkaian Arduino.....	34
Gambar 4. 6	Alat Pengujian dan Dokumentasi Pengukuran.....	35
Gambar 4. 7	Grafik Hubungan Arus LED Terhadap PWM.....	37
Gambar 4. 8	Grafik Hubungan Efisiensi Terhadap PWM.....	37
Gambar 4. 9	<i>Thermometer Infrared</i>	38
Gambar 4. 10	Grafik Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada IC PCB.....	39
Gambar 4. 11	Grafik Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada LED <i>Array</i>	40
Gambar 4. 12	(a) Pengukuran Suhu pada Board IC LT3590 (b) Pengukuran Suhu pada Board LED Array.....	40
Gambar 4. 13	Lux Meter.....	41

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Perbandingan Luas Penampang dengan Jumlah <i>CHIP</i> dan Daya yang Dibutuhkan.....	8
Tabel 2. 2	Perbandingan Jenis Lampu Bohlam	9
Tabel 2. 3	Spesifikasi <i>High Power</i> 1W LED EPISTAR	9
Tabel 2. 4	Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna yang Direkomendasikan.....	11
Tabel 2. 5	Tingkat Pencahayaan Minimum dan Renderasi Warna yang Direkomendasikan.....	12
Tabel 2. 6	Spektrum <i>Color Temperature</i>	13
Tabel 2. 7	Spesifikasi Arduino Nano	17
Tabel 2. 8	Spesifikasi Modul Sensor LDR.....	17
Tabel 2. 7	Perbandingan Lux dan Resistansi	19
Tabel 4. 1	Nilai R Secara Teori untuk Tegangan Referensi 200mV.....	30
Tabel 4. 2	Data Hasil Pengukuran dan Perhitungan Efisiensi Lampu Bohlam LED DC....	35
Tabel 4. 3	Hasil Pengukuran Suhu Pada PCB dan LED Array Menggunakan Thermometer Infra Merah.....	38
Tabel 4. 4	Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Cahaya.....	42

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN LAMPU BOHLAM MENGGUNAKAN *HIGH*
POWER LED (HPL)
SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AULIA ADI CHANDRA
NIM. 155060301111060

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 12 Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.
NIP. 19680122 199512 2 001

Ir. Nurussa'adah, M.T.
NIP. 19680706 199203 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIP. 19730520 200801 1 013

*Karya ilmiah ini kutunjukkan kepada:
Ibunda dan Ayahanda Tercinta*

JUDUL SKRIPSI:

RANCANG BANGUN LAMPU BOHLAM MENGGUNAKAN *HIGH POWER* LED
(HPL)

Nama Mahasiswa : Aulia Adi Chandra
NIM : 155060301111060
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

Komisi Pembimbing:

Ketua : Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.

Anggota : Ir. Nurussa'adah, M.T.

Tim Dosen Penguji:

Dosen Penguji I : Ir. Hery Purnomo, M.T.

Dosen Penguji II : Ir. Soeprapto, M.T., IPM.

Dosen Penguji III : Drs. Ir. Moch. Dhofir, M.T.

Tanggal Ujian : 06 Desember 2019
SK Penguji : No. 2526 Tahun 2019

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 17 Desember 2019
Mahasiswa,

Aulia Adi Chandra
NIM. 155060301111060

